العناصـــر المعدنيـــة

MINERAL ELEMENTS

دكتور

عبد الحميد محمد عبد الحميد

أستاذ بكلية الزراعة
جامعة المنصورة

٢٠٠٠م

المكتـــبة الجامعية
الأزاريطة . الاسكندرية ت : ٤٨٤٣٨٧٩

العناصر المعدنية

قول كريم

قال تعالى :

﴿ ولاتحسبن الله غافلا عما يعمل الظالمون إنما نؤخرهم

ليوم تشخص فيه الأبصار ﴾

حكمة

كل العداوات قد ترجي مودتها

إلا عداوة من عاداك عن حسد

(الإمام الشافعي)

إهداء أول

إلى الكلاب .... كل باسمه .

مع الاعتذار للكلاب الأوفياء

إهداء ثان

إلى الحب المفقود ... بين البشر المجوج

إهداء ثالث

إلى حبيبه جدو ..... رحمة



مقدمة

بفضل من الله وتوفيقه تم وضع هذا المؤلف التاسع «العناصر المعدنية» بأبوابه الأربعة لإلقاء الضوء على هذه العناصر من حيث أهميتها وخطورتها على الكائنات . وارجو لهذا المؤلف أن يكون فيه النفع لكل من تناوله .

المؤلف

المنصورة فى ٢٧ / ١١ / ١٩٩٩م

١٩ / ٨ / ١٤٢٠ هـ

الباب الأول

عموميات عن العناصر المعدنية

MINERAL ELEMENTS IN GENERAL

الفصل الأول

تقديم

تشكل المعادن ما يزيد عن أربعين عنصر مختلف منتشر فى البيئة، بعضها ضرورى للحياة كتلك التى تشكل مجموعة قشرة الأرض القلوية، وبعض العناصر الدقيقة ، والبعض الآخر له قدرة كبيرة على إحداث التسمم للكائنات المختلفة. وحتى مجموعة العناصر الضرورية للحياة ، لو زادت تركيزاتها ربما تصير سامة. وبعض العناصر الدقيقة تدخل ضمن تركيب جزىء بعض الإنزيمات اللازمة للميتابوليزم ورغم ذلك فتركيزاتها العالية سامة كذلك .

والمعادن أو الفلزات Metals (Minerals) عبارة عن المتبقى بعد حرق أى مادة نباتية أو حيوانية (وإن كانت درجات الحرارة المرتفعة تساعد على فقد عناصر مثل الفوسفور والفلور والزئبق) ، فتتحول المادة العضوية بها إلى حمض كربونيك وماء ويتبقى الرماد Ash أى المادة المعدنية. وتختلف محتوى الأنسجة من المادة المعدنية كما يتضح من الجدول التالى :

النسيج أو المادة	٪ معادن	النسيج أو المادة	٪ معادن
عظام	٤٥ - ٧٠	دريس برسيم	٨ - ١٢
أوراق بنجر سكر	٩ - ١٢	قش نجيليات	٢ - ٧
دريس مراعى	٤ - ٧	لحم شحيح الدهن	٤ - ٦
درنات بنجر سكر	٣ - ٦	دم	٤ - ٥
بطاطس	٢ - ٥	حبوب نجيلية	١ - ٤
حبوب بقولية	١ - ٤	دهون	٠,٥

فيتوقف محتوى المعادن فى مادة ما على عمرها ، التربة ، السماد، الغذاء ، الماء ، البيئة ، نوع المادة أو النسيج. وتوجد المعادن مرتبطة سواء ببروتينات أو أنيونات أو صبغات وغيرها. فنسبة الرماد فى الدهون منخفضة جدا وكذلك فى الثمار بينما هى مرتفعة جدا فى عظام الحيوانات. وبانخفاض المعادن أو زيادتها فى غذاء وماء الكائن تنخفض أو تزيد محتوياته المعدنية إذ أن مصادر المعادن هى الغذاء والماء والهواء .

ويعتبر كثير من العلماء أن المعادن التى عرفت وظائفها تبلغ حوالى خمسة عشر معدناً، والباقى من المعادن الموجودة بالجسم لم يعرف لها وظائف بعد، فبعض المعادن عرف عن أدوارها البيولوجية منذ القرن الثامن عشر، فالحديد مثلا أكتشف أنه جزء من كرات الدم الحمراء عام ١٧٤٥م وأنه جزء من السيتوكروم عام ١٩٢٥م ، كما اكتشف عام ١٨٩٦م أن اليود يدخل فى تركيب الدرقية بينما عام

١٩١٩م اكتشف أنه جزء من الشيروكسين ، وفى عام ١٩٣٩م اكتشف دخول الزنك فى تكوين الكاربوأنهيدراز ، وفى عام ١٩٥٣م عرف أن المولبيد نم يدخل فى تركيب الزانثين أو كسيداز، وعرف عن الكروم دخوله فى تركيب عامل تحمل الجلوكوز عام ١٩٥٩م، بينما المنجنيز وعلاقته بتركيب البيروفات كربوكسيلاز أكتشفت عام ١٩٦٦م، وفى عام ١٩٧٠م اكتشف القصدير كمعدن نادر أساسى، وكذلك عام ١٩٧١م اكتشف الفاناديوم كمعدن نادر وفى عام ١٩٧٢م اكتشف كل من الفلوروالسليلون، ثم فى عام ١٩٧٣م اكتشف أن السلنيوم جزء من نظام الجلوتاثيون بيروكسيداز، وفى عام ١٩٧٥م أمكن معرفة أن النيكل جزء من نظام اليورياز .

وتختلف العناصر فى وجودها فى الأوساط المختلفة ، كمية ونوعا، كما يوضحها الجدول التالى من حيث ترتيب وجود العناصر النادرة فى بعض الأوساط :

العنصر	التربة	ماء البحر	الخضراوات
حديد	١	١	١
منجنيز	٢	٤	٣
نيكل	٤	٧	٦
زنك	٣	٢	٢
نحاس	٥	٣	٤
كوبلت	٧	٨	٨
رصاص	٦	٥	٥
موليبدنم	٨	٦	٧
كادميوم	٩	٢	٩
زئبق	–	٩	–

إذ تتأثر محتويات الأوساط المختلفة من العناصر المعدنية على كثير من العوامل :

١- كنوع التربة والصخور التى تجرفها الأمطار كمصدر لمعادن الأنهار .

٢- كمية ونوع الملوثات المختلفة التى تصب فى الأنهار أو تتساقط مع الأمطار إلى الأنهار والحقول، فتنتقل إلى النباتات والحيوانات والإنسان فى مياه الرى والشرب .

٣- الموقع الجغرافى يحدد كذلك من تركيب الوسط سواء تربة أو ماء أو نبات، وكذلك يتباين التركيب المعدنى بتباين السنين .

٤- أنواع وكميات المخصبات الزراعية المضافة للتربة ، فتؤثر على محتوى المحاصيل من المعادن، فتؤثر الأسمدة الجيرية على محتوى النبات من الكالسيوم ،كما تزيد الأسمدة الفوسفاتية من نسبة الفوسفات فى النباتات، كما قد تؤثر الأسمدة الحديدية على نسبة الحديد فى النبات.

٥- نسب العناصر الى بعضها ، فبعض العناصر يضاد ميتابوليزم عناصر أخرى ، فالأسمدة الغنية بالمنجنيز تمنع امتصاص الحديد فتظهر على النبات أعراض نقص الحديد ،كما أن زيادة بوتاسيوم الغذاء مع فقره فى الصوديوم لايجعل الجسم يحتفظ بالبوتاسيوم .

٦- الإضافات الغذائية (لأغذية الإنسان والحيوان) بما تحتويه من عناصر أو شقوق معدنية كمنشاطات ومواد حافظة ومواد تغليف

وغيرها كثيرا.

٧- الملوثات المعدنية المختلفة التى تصل الى أنسجة النبات والحيوان والإنسان، سواء مع ماء الشرب أو الغذاء أو الهواء، سواء من عادم وسائل المواصلات، أو نفايات المصانع أو البراكين وغيرها .

٨- الشوائب المعدنية غير المرغوبة فى الأملاح المعدنية المستخدمة كإضافات غذائية كما يوضحها الجدول التالى :

المركب المعدنى	رصاص جزء /مليون	زرنيخ جزء/ مليون	زيت معدنى	أوكسيد سليكون ٪	فلور جزء/ مليون	كروم
أوكسيد زنك	١٨٠٠	١	-	٠,١	٢٠	-
فوسفات كالسيوم	-	-	-	-	١٠٠٠	-
كبريتات منجنيز	١٤	٣	-	-	٤٠	١
كبريتات نحاس	٥٥	١	-	-	١٥	-
يوريا	٠,١	٠,١	١٠	-	٠,٠٧	٠,٠٨

٩- العقاقير والمستحضرات الطبية والبيطرية والنباتية (زراعية) المستخدمة لتعويض النقص فى بعض المعادن سواء فى الإنسان أو الحيوان أو النبات .

١٠- التصنيع الغذائى وطرق الإعداد المخفضة لمحتوى معادن الأغذية، كتقشير وتبييض الأرز ، طحن القمح لدقيق أبيض، تصنيع

النشا، تكرير السكر ، تبييض الخضراوات للحفظ ،تكرير الدهون والزيوت، تعذيب (نزع عسر) الماء ، تقطير الفواكه والحبوب المتخمرة لعمل نبيذ، إضافة السكر للفطائر والشربات ومعلبات الفواكه، تخمير لعمل البيرة، تجفيف اللبن، السلق فى الماء، تقشير الثمار. فيؤدى قصر لون Blanching السبانخ إلى فقد ٧٠٪ من النيتريت ، ٥٦٪ من البوتاسيوم، ٤٣٪ من الصوديوم ، ٣٦٪ من كل من الماغنسيوم والفوسفور .

١١- معامل الاستفادة من المعادن، والذى يتراوح ما بين ٢٠ و ٩٠٪ ، طبقا للحالة الغذائية والمرضية والفسيولوجية ومرحلة العمر والإنتاج ونوع الكائن ، فالكالسيوم مثلا له معامل استفادة فى الغنم ٣٠ - ٥٠٪ وفى البقر ٤٠ -٩٠٪ . وتقل الإستفادة بزيادة عمر نفس النوع من الحيوانات ، كما تقل فى حالة الإصابة بالاسهال ، وفى حالة نقص فيتامين D ، أو زيادة الماغنسيوم ، أو عدم ملاءمة نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور ، ومعامل الاستفادة من الفوسفور فى الغنم ٦٠ - ٧٥٪ وفى البقر ٦٠ - ٨٥٪ ، ومعامل الإستفادة من الماغنسيوم ٢٠ - ٤٠٪ للأغنام والبقر على حد سواء ، بينما معامل الإستفادة من الصوديوم لهذه الحيوانات ٨٠٪ أى تختلف معاملات الإستفادة كذلك باختلاف العناصر ذاتها .

١٢- عمر الكائن ونوع النسيج، فكما تتباين النباتات فى تركيبها المعدنى بتباين أنواعها وعمرها ونوع أنسجتها (سوق ، أوراق ، جذور)، كذلك تتباين الحيوانات فى محتواها المعدنى بتباين أنواعها

وأعمارها وأنسجتها ، وبتباين المعادن ذاتها ، كما يتضح مما يلى :

نوع الحيوان ومرحلته العمرية والنسيج	محتوى الجسم أو النسيج من المعادن (جم / كجم)					
	صوديوم	بوتاسيوم	كلور	كالسيوم	فوسفور	ماغنسيوم
أغنام (أوزى)	٠,٧٦	١,٣٨	٠,٥٣	٩,١٦	٤,٩١	٠,٣٢
(كبش)	٧٢ر	١,٢٣	٠,٤٤	٨,٤٨	٤,٥٥	٠,٣٠
ماشية (عجل)	١,٠٩	١,٧١	٠,٧٣	١١,٧٦	٦,٧٠	٠,٤٤
(ثور)	٠,٩٤	١,٤٦	٠,٥٥	١٢,٨٣	٦,٧٨	٠,٣٨
(دم)	٢,٦٩	٠,٣٤	٣,٠٨	٠,٠٥	٠,١٨	٠,٠٢
(لبن)	٠,٦٩	١,٥٤	٠,٩١	١,٢٤	٠,٩٢	٠,١١
(عضلات)	٠,٦٥	٣,٦٦	٠,٥٧	٠,٠٢	٢,٧٠	٠,٢٤
(عظام)	٨,٠٦	١,٥٠	٠,٤٠	٣,٦٦	١,٦٣	٦,٥٢

فنجد العظام مخزن جيد للصوديوم والماغنسيوم والكالسيوم والفوسفور ، بينما يخزن البوتاسيوم أساسا فى العضلات (بجانب الفوسفور) ، والكلور يوجد بتركيزاته الأعلى فى الدم، بينما العناصر النادرة توجد بكميات أدق كما يتضح من الجدول التالى الموضح لمحتوى جسم الحيوان تام النمو (مجم / كجم) :

حديد	زنــك	منجنيز	موليبدنم	نحاس	يــود
٦٠ - ٧٠	٢٠ - ٣٠	٠,٢ - ٠,٣	١,٥	١,٥-٢,٥	٠,٣-٠,٤

فالعناصر المعدنية توجد بنسب مئوية (٠,١ - ٢,٠ ٪) في الأغذية وهي عناصر كبرى Macro (Bulk- Major) Elements ، ومنها الكالسيوم والفوسفور والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلور والكبريت ، أو توجد بنسب ضئيلة (٠,١ - ٥,٠ مجم/ كجم) وهى عناصر دقيقة (نادرة) Minor (Micro -Trace) Elements ، ومنها الحديد والزنك والمنجنيز والنحاس والكوبلت والموليبدنم والسيلنيوم واليود والفلور والكروم. وهناك معادن أخرى توجد فى الأنسجة الحيوانية ولايعرف لها وظيفة بعد، ومنها الألومنيوم والزرنيخ والباريوم والرصاص والبورون والنيكل والسترانشيوم والفاناديوم وغيرها، مما لايعرف لها أعراض نقص، مما يرجع وجودها بالجسم نتيجة استهلاكها مع الغذاء . وقد يطلق على العناصر النادرة بالعناصر الثقيلة نظرا لارتفاع وزنها النوعى كما يوضحه الجدول التالى (مقارنة بالعناصر الكبرى أو صغيرة الوزن النوعى) :

وزنه النوعي (جم/سم٣)	رمــــزه	العنصـــــر	
٠,٨٦	K	Kalium - Potassium	بوتاسيوم
٠,٩٧	Na	Natrium - Sodium	صوديوم
١,٥٨	Ca	Calcium	كالسيوم
١,٧٤	Mg	Magnesium	ماغنسيوم
١,٨٢ -١,٨٣	P	Phosphorous	فوسفور
٢,٠٠ - ٢,٠٦	S	Sulphur	كبريت
٢,٤٥	B	Boron	بورون
٢,٥٠	Sr	Strantium	سترانشيوم
٢,٦٠	Al	Aluminium	ألومنيوم
٣,٧٠	Ba	Barium	باريوم
٥,٧٠	As	Arsenic	زرنيخ
٦,٧٠	Sb	Antimony	أنتيمون
٦,٨٠	Cr	Chromium	كروم
٧,١٣	Zn	Zinc	زنك
٧,٤٢	Mn	Manganese	منجنيز
٧,٨٦	Fe	Ferrous - Iron	حديد
٨,٩٠	Cu	Copper	نحاس
٨,٩٠	Ni	Nickel	نيكل
١٠,٦٠	Ag	Silver	فضه
١١,٣٠	Pb	Blei - Lead	رصاص
١٣,٥٩	Hg	Mercury	زئبق
١٩,٣٣	Au	Gold	ذهب
٢١,٤٥	Pt	Platinium	بلاتين

وتنقسم العناصر إلى ثلاث مجموعات كالتالى :

١ - فلزات ومنها البوتاسيوم والصوديوم ، والكالسيوم والماغنسيوم، والنحاس والنيكل والكوبالت والحديد والمنجنيز، والباريوم والليثيوم والفاناديوم والموليبدنم والكروم ، والخارصين والقصدير ، والألومنيوم والرصاص والكادميوم والزئبق ، والفضة والذهب ، وسترانشيوم وسيزيوم وغيرها.

٢ - أشباه الفلزات كالبورون والسيليكون والزرنيخ .

٣- لافلزات ومنها الفوسفور والفلور والكلور والبروم واليود والكبريت والسيلينيوم .

الفصـل الثانى

الإحتياجات المعدنية

تختلف الإحتياجات المعدنية باختلاف العناصر والكائنات ، كما تتوقف على النشاط والنمو ، والعمر ، والجنس والإنتاج ، والحالة الفسيولوجية والغذائية والمرضية والجوية ، وعلى صورة المعدن وتداخلاته. وعموما يوصى بمقررات يومية للإنسان بالمليجرام على النحو التالى :

حديد	زنك	فوسفور	كالسيوم	ماغنسيوم	نحاس	يـود
١٨	١٥	١٠٠٠	١٠٠٠	٤٠٠	٢	٠,١٥

فتحسب الاحتياجات المعدنية على أساس النمو (ذاتى أو جنينى) والإنتاج والإخراج ، ومحتوى المعادن فى كل منها، مع عمل حساب لمعامل الإستفادة من المعادن فى الغذاء (حوالى ٣٠ - ٥٠٪)، فمثلا تحسب الإحتياجات اليومية لعنصر ما للماشية الحلابة من المعادلة التالية عند التغذية على علائق نقية (مخلقة) فى غياب العنصر المدروس :

$$\text{الإحتياجات} = \frac{\text{خ} + (\text{ل م}) + (\text{ز ت})}{\text{أ}}$$

حيث أن خ = الخارج فى الروث والبـول والعـرق والـشعر (واللعاب والنفس) من العنصر من مادة الجسم ذاته (جم / يوم)،

ل = اللبن الناتج (كيلو جرام / يوم)،

م = محتوى اللبن من العنصر (جم / كجم)،

ز = زيادة وزن الجسم (كجم / يوم) ،

ت = محتوى الزيادة فى وزن الجسم من العنصر (جم /كجم)،

أ = الامتصاص (معامل الاستفادة ٪) .

ويعيب هذه الطريقة صعوبة الحصول على علائق نقية، وكذلك تصويم الحيوان عن عنصر معين فيه خروج بالحيوان عن طبيعته. لذا قد يجرى تحديد الإحتياجات بإعطاء الحيوان عليقة عادية مع عديد من المستويات من العنصر المدروس ، ثم ترسم العلاقة البيانية بين المأكول والخارج فى مخلفات الحيوان يوميا، ويمد الخط البيانى للصفر لتحديد الكمية المطلوبة يوميا، وهى القدر من العنصر الذى يجعل ميزانة مساويا للصفر (محايد). وقد تقدر الاحتياجات للعناصر بعلاقتها باختفاء أعراض نقصها المرضية، أى أن الإحتياج اليومى عبارة عن القدر اللازم لمنع ظهور أعراض النقص ،كما فى حالة الجويتر (تضخم الدرقية لنقص اليود) ، وهذه الطريقة تتطلب خلو العلائق من مثبطات امتصاص العنصر ، كما فى المواد الجويترية المسئولة عن مرض تضخم

الدرقية Goiter . كما استخدمت المواد المشعة (بتعليم ذرة فى العنصر المدروس) كأدق طرق تقدير الإحتياجات المعدنية دون تغيير فى تركيب العليقة .

وكثيرا ما تكون نتائج تقدير الإحتياجات المعدنية متباينة جدا لنفس مجموعة الحيوانات وبنفس طريقة التقدير ، وذلك راجع للأسباب التالية:

١- كثيرا ما يغير الجسم من احتياجاته المعدنية اليومية لتتناسب مع القدر المتاح من العنصر .

٢- تتحكم كميتى الطاقة والبروتين والنسبة بينهما (فى الغذاء) فى الإحتياجات المعدنية .

ولتحديد احتياجات كائن ما من العناصر المعدنية لمواجهة انتاج ما، يتطلب ذلك معرفة محتوى هذا الانتاج من العناصر المعدنية لتغطيتها فى الغذاء ، ففى حيوانات اللبن مثلا يراعى عند تحديد احتياجاتها المعدنية ما يلى :

١- نسبة المكافئات الحامضية إلى المكافئات القاعدية .

٢- نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور .

٣- نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم .

وتقدر المعادن القاعدية فى صورة أكاسيد بوتاسيوم وصوديوم وكالسيوم وماغنسيوم ،بينما المعادن الحامضية فى صورة أكاسيد فوسفور

وكبريت وساليسيليك إضافة إلى الكلور . وتقدر الأوزان المكافئةللقواعد والأحماض المعدنية بالجرامات أوزان مكافئة / ١٠٠ كجم مادة علف (أى النسبة المئوية من أكاسيد القواعد والأحماض المعدنية، ثم تحول هذه النسب إلى جرامات / ١٠٠ كجم علف ، وتقسم على الوزن المكافىء للأكاسيد) .

مثال :

احتوت مادة علف على ٠,٤١٣ ٪ بو$_2$أ ، أى أنها تحتوى ٤١٣جم بو$_2$ أ / ١٠٠ كجم، وحيث أن الوزن الجزيئى لأكسيد البوتاسيوم ٩٤,٣ ، فيكون الوزن المكافىء ٩٤,٣ / ٢ = ٤٧,١٥جم ، أى أن عدد الأوزان المكافئة القاعدية (درجة القاعدية لنسبة البوتاسيوم) عبارة عن ٤١٣ / ٤٧,١٥ = ٨,٧٦جم . وإذا جمعت درجات الحامضية ، وكذلك درجات القاعدية ، ونسبت إلى بعضها أعطت فكرة عن صورة رماد هذا العلف .

مثال : فيما يلى الأوزان المكافئة القاعدية والحامضية لمادة علف :

بو $_2$ أ	٣,٧٩ جم	فو$_2$ أ $_5$	٧,٨٩ جم
ص $_2$ أ	١,٦٣ جم	كب أ $_3$	١,٧٨ جم
كا أ	٥,١٤ جم	كل	٢,٦٨ جم
مغ أ	٠,٩٠ جم		
المجموع	١١,٤٦ جم		١٢,٣٥ جم

فتكون نسبة المكافئات الحامضية / المكافئات القاعدية لهذا العلف مساويا ١٢,٣٥ / ١١,٤٦ أى ١,٠٨ ، نسبة الفوسفور / كالسيوم تساوى ٧,٨٩ / ٥,١٤ أى ١,٥٤ ، نسبة الصوديوم / البوتاسيوم ١,٦٣ / ٣,٧٩ أى ٠,٤٣ . والحوامض المعدنية هذه (التى لاتحترق كالحوامض العضوية) لابد من معادلتها بقواعد، فإن لم تتواجد القواعد بالغذاء ، فإنها تؤخذ من جسم الكائن ، وعليه فالتغذية على فائض من الأحماض المعدنية لفترة طويلة تؤدى إلى هدم الكالسيوم أى إذابته من العظام مما يؤثر على صحة الكائن وإنتاجه، لذا يراعى تحقيق تواجد نسبة صحيحة بين الكالسيوم والفوسفور فى الغذاء . وافراز البوتاسيوم الزائد فى البول يسحب معه مخزون الصوديوم من الجسم ، لذا تراعى كذلك النسبة بين البوتاسيوم والصوديوم فى الغذاء . وفيما يلى هذه النسب الثلاثة فى بعض مواد العلف والأغذية :

مـــادة العلف	مكافئات حامضية / مكافئات قاعدية	فو ٢ أ ٥/ كا أ	ص ٢ أ / بو ٢ أ
أوراق بنجر سكر	١,٠٠	٠,٥٦	٠,٩٩
تبن قمح	١,٤٠	٠,٤٥	٠,٤٦
دريس	٠,٨٦	٠,٨٢	٠,١٧
شوفان	١,٩٠	٠,٢٠	٠,١٦
قمح	١,٢٠	٨,٦٠	٠,٤٨
كسب صويا	٠,٧٩	٣,٤٥	٠,١٢
كسب عباد شمس	٠,٩٣	٦,٣١	١,٩٩
كسب فول سودانى	١,١٥	٣٠,٧٨	٠,٢٣
كسب قطن	٠,٩٧	٩,٩٥	٠,١٤
كسب كتان	٠,٥٩	٢,١٠	٠,٧٦
لبن	٠,٩٠	١,٥٠	٠,٧٠

ومن ذلك يتضح أن رماد اللبن متعادل تقريبا بينما رماد الحبوب زائد الحموضة نتيجة ارتفاع محتواها عن الفوسفور (بالنسبة للكالسيوم) وكذلك زيادة البوتاسيوم (بالنسبة الصوديوم) ، لذلك يجب إضافة الكالسيوم والصوديوم للأغذية الغنية بالحبوب ، وذلك للحصول على النسبة الموجودة فى اللبن أو للتعادل. وكذلك فإن القش والتبن زائدان فى الأحماض بينما الدريس زائد القواعد (كالسيوم) قليل الصوديوم ، فتصحح معادن الدريس بإضافة كلوريد الصوديوم،

ويصحح دريس البرسيم الحجازى بفوسفات الصوديوم ، ويضاف مع البنجر أملاح صوديوم ، وتصحح معادن الأكساب بإضافة كربونات الكالسيوم وكلوريد الصوديوم. وعموما فالمواد النباتية العلفية زائدة الفوسفور (باستثناء التبن والدريس) بينما الدريس وقش الحبوب تعتبر مخازن للكالسيوم . وتعتبر الأعلاف الخشنة فقيرة المحتوى فى الفوسفور والزنك والسيلينيوم ، بينما يرتفع محتواها من الكالسيوم والحديد ، بينما تتميز المركزات بوجه عام بإنخفاض محتواها من الكالسيوم وارتفاع محتواها من الفوسفور، وهذا يتطلب إتزان المعادن باستكمال النقص وخفض الزيادة (بالخلط مع مصادر غذائية منخفضة المحتوى من هذه المعادن الزائدة فى المصادر الأخرى) . وتوضح الجداول التالية تركيب بعض الأعلاف والأغذية من العناصر المعدنية. ومنها يتضح فقر الحبوب النجيلية فى المعادن ، وغنى فول الصويا عن فول الحقل ، الردة والرجيع غنية بالمعادن (رغم فقر الردة فى الكالسيوم والرجيع فى النحاس). ولذلك تقوم الحكومات فى الدول الصناعية بإغناء الأغذية الفقيرة بالمعادن والأملاح التى تنقصها كما يوضح ذلك الجدول التالى (مجم/ ١٠٠ جم) :

الغذاء المدعم بالمعادن	كالسيوم	حديد
أرز	١١١	٣,٠
خبز	٦٧	٠,٩
دقيق	١١١	٣,٠
لبن	٠,٠١	١,٠

ولتقدير الإحتياجات المعدنية يلزم تقدير معامل الإستفادة من العنصر ، وهذا يتوقف على معامل الإمتصاص والدخول فى الميتابوليزم، وهذا بالتالى يتوقف على نوع المركب المعدنى وتركيب الغذاء . وتقدر الإستفادة من المعادن بتتبع مستوياتها فى الدم أو السيرم أو البلازما ، وكذلك فى الشعر ، وقد تتبع طريقة استخدام النظائر المشعة لحساب معاملات الهضم الحقيقية للمعدن محل الدراسة، وقد تستخدم تحاليل رماد العظام كمقياس للإستفادة من العنصر المدروس ، وكذلك يستخدم اختبار جوتنجن Göttinger Test على الجرذان النامية وتتبع تطور أوزانها وتعظم سيقانها (بأشعة رونتجن) لتقدير درجة الإستفادة من الكالسيوم والفوسفور والماغنسيوم ، إذ يزيد تخزين معادن العظام بزيادة استهلاك العناصر النادرة (زنك ، نحاس ، حديد ، منجنيز) كما يزيد وزن الجسم .

محتوى بعض الأعلاف من بعض العناصر المعدنية

	جم / كجم مادة جافة					مجم / كجم مادة جافة						
	كالسيوم	فوسفور	مغنسيوم	صوديوم	بوتاسيوم	نحاس	منجنيز	زنك	حديد	كوبلت	موليبدنم	سلنيوم
بذور قطن	٠,٤٠	٥,٨٨	٣,٩١	٠,٨٢	٩,١٠	١٤,٥	١١,٣	٦٦,٨	٩٠,٣			
برسيم حجازى	١٨,٩	٣,٠	٣,٢	٠,٤٧		١٠,٠	٣٤	٣٣		٠,١٩		
برسيم مصرى	١٨,٦	٣,٠٠	٢,٩٠	٠,٨٠					٣١٠			
بنجر سكر	٢,٦	١,٤	١,٣	٢,٠٠								
تبن برسيم مصرى	١٢,٢	٠,٩٧	٣,٢٩	٢٠,٢	٢٠,٣	٩,١١	٤٨,٢	١٥,٧	١٨٤٠	١,٤٥	١,٨٩	٠,٠٤٦
تبن فول حقل	١٠,٣	٠,٧٤	٤,٨٢	٢٢,١	١٨,٦	٩,١٤	٨٨,٠	١٦,٥	٣٩٨٢	١,١٠	٠,٦١	٠,٠٥٣
تبن قمح	٤,٦٨	١,٤٤	٢,٤١	٣,٣٧	٢١,٠	٢٤,٣	٥٠,٠	١٣,٣	١٦٥٠	٠,٣٦	٠,٥٢	٠,٠٣٩
جلوتين درة	١,٦	٥,١	٠,٥٠	١,١٠	٠,٣٠	٣١,١	١١,٦		٤٤٠	٠,٠٨		
جنين أرز	١,٤٠	٣,٧٠	٠,٠٢٨						٩٠			
حبوب سورجم	٠,٣	٣,٢٠		٠,٥٠				١٥,٤		٠,٣٠		
حطب ذرة	٢,٣٩	٠,٩٨	٢,٩٢	٢,٠٠	١٨,٦	٤,٢٦	٣٢,١	١٧,٤	٦٦٣,٤	٠,١٧	٠,٦٢	٠,٠١٨
حطب قطن	٧,٧٠	٠,٩٨	٢,٥٠	٢,٩٥	١٥,٧	٤,٩٩	٩,٨٢	٩,٧١	٥١٠	٠,٢٥	٠,١٦	٠,٠٠٩
خميرة جافة	٢,٦	١٧,٠	٢,٦	٢,٤٤		٦٤,٠	٥٩,٠	٩٢,٠		٠,٤٠		
دريس برسيم حجازى	١٤,١	٢,٤	٣,٤٠	١,٧٠	٢١,٨	٢٠,٢	٦١,٩		١٩٠	٠,٢٣		
دريس برسيم مصرى	١١,٩	١,٦٦	٣,٨٧	٢٧,٢	٢٢,٦	٩,٠٢	٣٨,٦	١٩,٣	١١٤٧	٠,٥١	٢,٦٣	٠,٠٣٣
ذرة بيضاء	٠,٩٩	١,٩٩	١,٦٢	٠,٢١	٢,٩٠	٥,١٦	١٠,٢	٣٨,٧	٨٧,٣	٠,١٣		
ذرة صفراء	٠,٩١	٢,٢٠	١,٧٤	٠,٤١	٢,٨٨	٧,٠٠	٧,٥٥	٤٠,٨	٤٥,٥			
رجيع أرز	٠,٢٣	٩,٩٧	٥,٨٣	١,٥٠	٨,٩٧	١٣,٠	١١٣	٥٧,٢	١٤٦٥٣			
ردة خشنة	٠,٣٢	٧,٤٦	٣,٦١	٠,٩٠	٧,٨٧	١٣,٧	٧٩,٠	٦١,٢	٢٦٢			
ردة ناعمة	٠,٢٣	٦,٢٥	٣,١٤	٥,٧٠	٧,٨٣	١٤,٢	٩١,٦	٦٨,٦	١٣٠	٠,٠٩		
سرسة أرز	١,٦٤	٢,٦١	١,٩٤	١,٠٨	٥,٥٥	٣٤,٥	٧٤,٨	١٨,٢	٢١٣٣	٠,٣٧	٠,١٢	٠,٠٣٣
شرش جاف	٩,٤٠	٧,٤	١,٤٠			٥١,٤	٤,٦		١٤٠	٠,١٢		
شعير	٠,٨	٣,٩٠	١,٣٠	٠,٣٢	٥,٥٠	٦,١٠	١٨٠	٣٢,٠	٤٠	٠,١٠		
شوفان	١,٢٠	٣,٥٠	١,٤٠	٠,٣٨		٤,٧٠	٤٨٠	٣٦,٠		٠,٠٧		
عروش بطاطس	١٨,٦	٢,٤٤	٨,٠٩	٠,٦٩	٦,٣٠	٣٠,٣	٨١,٦	٣٦,٢	٢٦٣٦			٠,٠٤٣
عروش بنجر سكر	٠,١٩	٠,٥١	٠,٣٨	—	٤,٣٦	١,٨٨	٥,٩٨	٨,٣٧	٤٨٩			—
عروش طماطم	٢٠,٣	١,١٢	١١,٥	٦,٢٦	٨,٧٠	٣٨,٦	٤٩,٦	٥١,١	١٠٦٥	١,٠٣	٠,٨٥	٠,٠٢٩
علف مصنع مواشى	٠,٨٩	٥,١٠	٤,١٧	٢,٣٠	٧,٠٦	١١,٠	٥٧,٦	٥٥,٤	٢٧٤			

تابع الجدول

	جم / كجم مادة جافة					مجم / كجم مادة جافة						
	كالسيوم	فوسفور	مغنسيوم	صوديوم	بوتاسيوم	نحاس	منجنيز	زنك	حديد	كوبلت	موليبدم	سلنيوم
فول حقل	٠,٤٠	٤,٥٠	٢,١٢	١,٣٥	٨,٧٠	١٧,٠	٢١,٠	٥٥,٧	٥٦٠	٠,٠٣		
فول صويا	٠,٧١	٥,٣٥	٤,٤٩	١,٠٢	١٣,٧	١٨,٨	٣٩,٠	٩٠,٣	٢٢٠			
قش أرز	٣,٣١	٠,٤٧	١,٩٢	٥,٨١	١٤,١	١,١٦	٢٠٨	٧,٣٤	٦٤٢	٠,٢٤	٠,٢٠	٠,٠٣٠
قشور فول سوداني	٢,٧	٠,٧٠										
نوالح ذرة	٠,٦٠	٠,٦٢	٠,٥٧	٠,٢٧	٧,١٢	٢,٨٣	١٤,٤	٢٢,٤	٣٥٧	٠,٠٦	٠,٠٧	٠,٠١٨
كسب جنين أرز	٢,١٠	٥,٢٠	٠,٠٣٩						٢١٠			
كسب سمسم	٢٤,٩	١٤,٩	٨,٤	٠,٢٦		٤٥,٤	٦٠	٩٥		٠,٥٣		
كسب شلجم	٦,٧٠	١٠,٤										
كسب صويا	٣,١٠	٧,٠٠	٣,٠	٣,٨٠	٢٢,١	١٩,١	٣٣	٧٠	١٣٠	٠,٢٥		
كسب عباد شمس	٤ ٠	١٠,٧	٥,٢	٠,٥٠		٢٩,١	٥٦	٤٦		٠,٤٩		
كسب فول سوداني	١,٩٠	٦,٦٠	٣,٦٠	٠,١٠		١٨,٣	٤٦	٧٨,٠		٠,٢٨		
كسب قطن غير مقشور مستخلص	٠,٤٩	٧,٣٦	٥,٢٥	١,٠٠	١١,١	٢١,٥	١٤,٥	٥٨,٣	١٥٣			
كسب قطن مقشور	٤,٤٠	٩,٩٠	٠,٠٣	٠,٤٠		٤٤,٠	٤٤,٠	٨٧,٠	٤١٠			
كسب قطن- ميكانيكي	٠,٤٨	٧,٢٥	٥,٣٠	١,١٠	١٠,٤	١٧,٣	٢٤,٢	٥٨,٨	٢١٢			
كسب كتان	٤,٢	٨,٢	٥,٣	١,٠٥	١٣,٤	٢٠,٣	٤٤.	٧٨	٢٤٠	٠,٣٥		
لب بنجر سكر (كسب بنجر)	٧,٥	١,٠	٣,٠٠	١,٩٠	٢,١٠	١٣,٨	٣٨,٥	٠,٧٠	٣٣٠	٠,١١		
لبن مجفف	١٣,٦	٩,٦٠	١,٢٠	٥,٥٠	١٧,١	١٢,٢	٢,٣٠		٤٠	٠,١٢		
مسحوق جث	٦٢,٠	٤٠,٧	٢,٢	٥,٦٥	١٥,٦	١٢,٠	٢١	٨٥	٥٣٠	٠,١٤		
مسحوق دم	١,٨٠	١,٦	٠,٣	٨,١٨	١,٠٠	١٩,٤	٦	٢٩	٤١١٠	٠,٠٨		
مسحوق سمك	٥٤,٥	٣٥,٦	٢,٩٠	٦,٨٤	٨,٠٠	٦,٧٠	٢١	٨٦	٧٢٠	٠,١٤		
مسحوق عظام	٣١٦	١٥٢	٦,٧٠	٥,٠٠		٢٠,٢	٢٥	١٧٢	١٢٧٠	٠,٣٠		
مسحوق لحم	٤٤,٧	٢٥,٥	٠,٩	٩,٥٥	٥,٨٠	١٠,٣	١٠,١		٨٤٠			
مولاس بنجر	٥,٤	٠,٣	٠,٢	٧,٣٣	٦٠,٧	١٠,٨	٣٦	٣١	٦٠	٠,٩٢		
مولاس قصب	١٠,٥	١,١٠	٤,٧	٢,٠	٤٠,٢	٨٠,٢	٥٧,٢		٢٤٠	١,٢٢		
نبات الذرة	٦,٠	٢,٩	٢,٣	٠,٤٦		٨,٥	٥٩	٣٢	١٣٠	٠,٠٧		
نبات سورجم	٤,٩	٤,٤	٣,٥٠	٠,٢٠	٢١,٠		٩١,٥		١٩٠	٠,١٢		
نبات عباد الشمس	١٥,٠	٢,٤	٤,١	٠,٣٧		١١,٨	٦٤	٥٩		٠,١٣		
ورق بنجر سكر	١٢,٤	٢,٥	٤,٨	٩,٤٥		١١,٥	١٧٩	٧٢		٠,٣٧		

ونظرا لأن التربة المصرية تعانى من نقص الفوسفور والكوبلت والسيلينيوم واليود ، فينعكس ذلك على محتواها فى المراعى والأعلاف النباتية، والخضراوات ، وكذلك ينعكس هذا النقص بالتالى على صحة الحيوان والأنسان .

محتوى بعض الأغذية من بعض العناصر المعدنية (مجم / ١٠٠ جم)

الغذاء	كالسيوم	فوسفور	صوديوم	بوتاسيوم	حديد
أناناس	٢,٢	٣,٠	٧١	١٤٢	–
بادنجان	١٢	٢٦	٢	٢١٤	٠,٧
بامية	٩٢	٥١	٣	٢٤٩	٠,٦
برتقال	٢٣,٧	١٥,٨	١٦٢	١٧٥	–
بسلة خضراء	٢٦	١١٦	٢	٣١٦	١,٩
بصل أخضر	٥١	٣٩	٥	٢٣١	١,٠
بطاطا	٣٢	٤٧	١٠	٢٤٣	٠,٧
بطاطس	٧	٥٣	٣	٤٠٧	٠,٦
بطيخ	٧	١٠	١	١٠٠	.٥
بقدونس	٢٠٣	٦٣	٤٥	٧٢٧	٦,٢
تفاح	٢,٤	٥,٤	٣٠	٩٦	–
ثوم	٢٩	٢٠٢	١٩	٥٢٩	٥ر
جزر	٠,٨	٣٦	٤٧	٣٤١	٠,٧
خس	٦٨	٢٥	٩	٢٦٤	١,٤
خيار	٠,٥	٢٧	٦	١٦٠	١,١
سبانخ	٩٣	٥١	٧١	٤٧٠	٣,١
سحق كبد	٩	٢٣٨	–	–	٥,٤
عنب	٦,٢	١٢,٨	١٢١	٢٠٠	–
عيش غراب	٦	١١٦	١٥	٤١٤	٠,٨
فاصوليا خضراء	٠,٧	٤٤	٧	١٣٢	٠,٨
فراولة	٩,٦	١٣,٣	١٩٤	٢٥٠	–
فلفل أخضر	٩	٢٢	١٣	٢١٣	٠,٧
فول أخضر	١,١	١٥٧	٤	٤٧١	٢,٢
فول صويا	٢٢٦	٥٥٤	٢٤٠	١٦٧٧	٨,٤
كمثرى	٤,٨	٩,٣	٦٣	١٢٩	–
كوسة	٢٨	٢٩	١,٠	٢٠٢	٠,٤
لبن فرز بقرى	١٢٠	٩٥	٥٠	١٤٥	–
لحم بقرى	٨,٦	٢٣٣	١٦٨	٢٤٤	–
لوبيا خضراء	٠,٩	٦٥	٤	٢١٥	١,٠
مطحون ذرة كامل	٢٥٦	٢,٢	–	–	–

وبامتصاص العناصر المعدنية تتوزع داخل وخارج الخلايا ، إلا أن الصوديوم والكلور يوجدان أساسا داخل الخلية، وبعضها خارج الخلية كالبوتاسيوم. والدم يعتبر نسيج فنجد توزيع المعادن فيه لايختلف كثيرا عن أى نسيج آخر، فنجد كرات الدم الحمراء بها نفس المعادن التى داخل خلايا الأنسجة الأخرى ، وكذلك بلازما الدم بها المعادن التى تتواجد خارج الخلايا . لذا تجرى معظم الدراسات على الدم بصفته ممثل حقيقى لأنسجة الجسم. إذ يرتبط محتوى السيرم من المعادن بمحتوى معادن الغذاء .

ويحتوى جسم الإنسان البالغ ٥,٢٪ من وزنه رماد، ويساهم الهيكل العظمى بحوالى ٨٦٪ من هذه النسبة ، أى أن الهيكل العظمى هو المخزن الرئيسى لمعادن الجسم، إذ يحتوى على ٩٩٪ من محتوى الجسم من الكالسيوم، ٨٧٪ من فوسفور الجسم ، ٧٢٪ من ماغنسيوم الجسم . وفى حالة النقص الغذائى فى الفوسفور والكالسيوم والماغنسيوم، نجد أن الجسم يقوم بتبادل مستمر بين طبقتى العظم والنخاع بما فيها من أوردة وشرايين دموية، ويمد العظم الجسم بهذه العناصر الكبرى ، وكذلك فالهيكل العظمى والأنسجة الرخوة لديها القدرة على تعويض النقص بما لديها من مخزون من العناصر النادرة، فالكبد يخزن الحديد والكوبلت ، بينما تخزن الدرقية اليود ، وتمد بها الجسم عن نقصها، وخاصة أنه فى حالة بعض العناصر النادرة الزائدة فى الغذاء يزداد امتصاصها عن حاجة الجسم Superretention (كما فى النحاس والزنك) مما يزيد محتوى الجسم من هذه العناصر. وقد

يختلف تركيب الجسم من بعض العناصر النادرة باختلاف العمر كذلك، فنجد بعض الحيوانات حديثة الولادة غنية بالنحاس وفقيرة فى الحديد. وفيما يلى جدول بالإحتياجات اليومية المعدنية لمختلف أعمار الإنسان (ذكور وإناث) والحيوان وآخر بمحتوى جسم الإنسان من العناصر المختلفة.

ويتحصل الكائن على هذه العناصر من الغذاء والماء والهواء (كاليود)، فهى ضمن التركيبَ الطبيعى لهذه المصادر ، وقد يتطلب الكائن (نبات أو حيوان أو إنسان) مصادر إضافية أو تعويضية للمعادن، فتستخدم الأسمدة بأنواعها (بلدى / طبيعى / بيولوجى / صناعى) للنباتات كما تستخدم الأملاح المعدنية للإنسان والحيوان ، ومن بينها ملح الطعام، فوسفات وكربونات الكالسيوم ، أملاح كبريتات الحديد والزنك والمنجنيز والنحاس والكوبلت ، يوديد البوتاسيوم ، موليبيدات الصوديوم، أكسيد الزنك ، مسحوق العظام والأصداف ، بجانب الإستخدامات كمنشطات نمو (بروتين يودى ، أملاح الزرنيخ) .

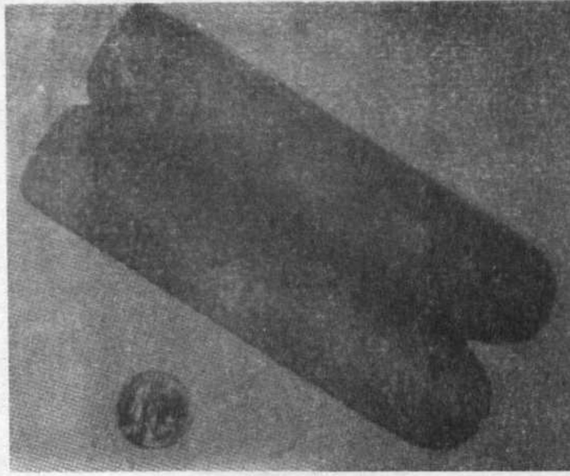
احتياجات الإنسان اليومية من بعض العناصر المعدنية

العمر والنوع	كالسيوم جم	فوسفور جم	ماغنسيوم جم	حديد مجم	يود ميكروجرام
أطفال رضع (حسب العمر)	٠,٤	٠,٢	٤٠	٦	٢٥
	٠,٥	٠,٤	٦٠	١٠	٤٠
	٠,٦	٠,٥	٧٠	١٥	٤٥
أطفال أكبر من عام (حسب الوزن والعمر)	٠,٧	٠,٧	١٠٠	١٥	٥٥
	٠,٨	٠,٨	١٥٠	١٥	٦٠
	٠,٨	٠,٨	٢٠٠	١٠	٧٠
	٠,٨	٠,٨	٢٠٠	١٠	٨٠
	٠,٩	٠,٩	٢٥٠	١٠	١٠٠
	١,٠	١,٠	٢٥٠	١٠	١١٠
ذكور (حسب الوزن والعمر)	١,٢	١,٢	٣٠٠	١٠	١٢٥
	١,٤	١,٤	٣٥٠	١٨	١٣٥
	١,٤	١,٤	٤٠٠	١٨	١٥٠
	٠,٨	٠,٨	٤٠٠	١٠	١٤٠
	٠,٨	٠,٨	٣٥٠	١٠	١٤٠
	٠,٨	٠,٨	٣٥٠	١٠	١٢٥
	٠,٨	٠,٨	٣٥٠	١٠	١١٠
إناث (حسب الوزن والعمر)	١,٢	١,٢	٣٠٠	١٨	١١٠
	١,٣	١,٣	٣٥٠	١٨	١١٥
	١,٣	١,٣	٣٥٠	١٨	١٢٠
	١,٣	١,٣	٣٥٠	١٨	١١٥
	٠,٨	٠,٨	٣٥٠	١٨	١٠٠
	٠,٨	٠,٨	٣٠٠	١٨	١٠٠
	٠,٨	٠,٨	٣٠٠	١٨	٩٠
	٠,٨	٠,٨	٣٠٠	١٠	٨٠
حمل	+٠,٤	+٠,٤	٤٥٠	١٨	١٢٥
رضاعة	+ ٠,٥	+ ٠,٥	٤٥٠	١٨	١٥٠

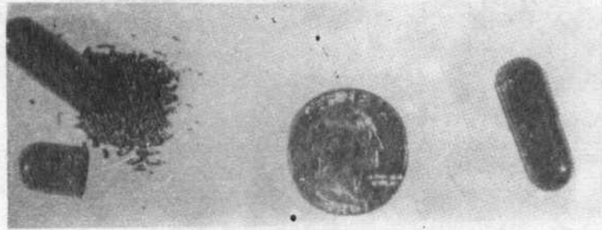
الاحتياجات المعدنية للحيوانات المجترة من العناصر النادرة (مجم/ كجم علف جاف)

الحيـــوان	عجول صغيرة	عجول نامية وثيران	بقر عشار وحلاب	حوالى صغيرة	حوالى كبيرة	نعاج عشار وحلابة
الوزن كجم	٤٠	١٠٠-٥٠٠	٥٠٠	٥-١٠	١٠-١٥	٤٠ - ٨٠
كوبلت	٠,١١	٠,١١	٠,١١	٠,١١	٠,١١	٠,١١
نحاس	١,٢	١٥	١٥	١,٠	٥,٠	٧,٠
حديد	٤٠	٤٠-٣٠	٣٠	٣٠	٣٠	٣٠
منجنيز	٢٥	٢٥	٤٠	٢٥	٢٥	٤٠
زنك	٥٠	٤٠	٤٠	٥٠	٤٠	٤٠
يود (شتاء)	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥
يود (صيفا)	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٥
يود (فى وجود مواد جويترية فى العلف)	٢	٢	٢	٢	٢	٢
سيلينيوم	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١

ويحتاج الحيوان عموما إلى علائق تتوفر فيها الكالسيوم والفوسفور بنسبة ٢:١ ، والصوديوم والكلور بنسبة ٠,٠٤ ٪ من كل منهما ، والماغنسيوم بنسبة ٠,٠١ ٪ .

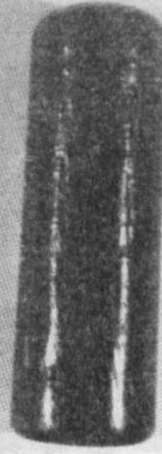


ماغنسيوم (للماشية)

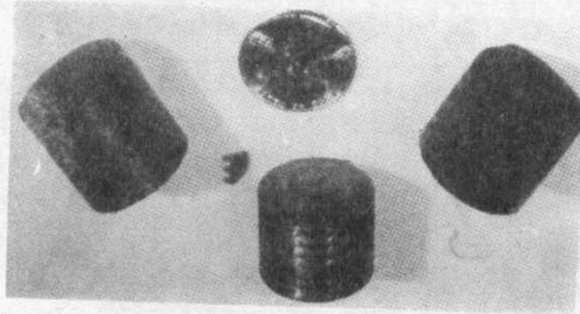


نحاس (للأغنام)

بعض صور الإضافات المعدنية للحيوانات




كوبلت وسيلينيوم ونحاس (للمجترات)



كوبلت (للماشية)

تابع بعض صور الإضافات المعدنية للحيوانات

تركيب جسم الشخص البالغ من العناصر المختلفة

العنصـــــر	الكمية فى الجسم
كالسيوم	١٠٥٠ جم
فوسفور	٧٠٠ جم
بوتاسيوم	٢٤٥ جم
كبريت	١٧٥ جم
كلور	١٠٥ جم
صوديوم	١٠٥ جم
ماغنسيوم	٣٥ جم
حديد	٢,٨ جم
زنك	٢,٥ جم
منجنيز	٢١٠ مجم
نحاس	١٢٥ مجم
يود	٣٥ مجم
كروم	٧,٥ مجم

هذا بجانب الكوبلت والسليكون والقصدير والموليبدنم والسيلينيوم والفلور بكميات بسيطة ، وكذلك بعض العناصر الأخرى وإن كانت سامة كالكادميوم (٢٠-٣٠ مجم / إنسان) والرصاص والزئبق .

الفصــل الثالث

أهمية وميتابوليزمر المعادن

أهمية المعادن :

العناصر المعدنية من المكونات الأساسية للجسم، ولها وظائف حيوية عديدة منها :

١- بناء العظام والأسنان (كالسيوم - ماغنسيوم - فوسفور - منجنيز - فلور) ، فتعطى الصلابة والقوة للهيكل العظمى والأسنان .

٢- بناء بعض الهرمونات كالثيروكسين (يود)، والإنسولين (زنك - كبريت) ، بما يؤثر على ميتابوليزم المغذيات المختلفة .

٣- تدخل فى تكوين بعض الأحماض الأمينية كالميثيونين والسيستين (كبريت).

٤- تدخل فى تكوين الحمض النووى RNA (منجنيز -زنك).

٥ - تدخل فى تكوين بعض الفيتامينات مثل B_{12} (كوبلت).

٦- تشجع نمو ونشاط ميكروفلورا الجهاز الهضمى (كوبلت).

٧- تدخل فى عمل الإنزيمات سواء فى تنشيطها أو كمرافقات إنزيمية C0 - enzymes (سيلنيوم - منجنيز - كبريت - نحاس - حديد - زنك - موليبدنم - فوسفور - ماغنسيوم)، بما يؤثر على

الأكسدة والميتابوليزم والتطور والتكاثر .

٨- لها دور فى نقل ثانى أكسيد الكربون والأوكسجين من خلال دخولها فى تركيب الهيموجلوبين (حديد - نحاس) .

٩- تنظم الضغط الأسموزى للأنسجة، بتنظيم الإتزان الحامضى / القاعدى ، بما يؤثر على حركة سوائل الجسم وعلى حساسية الأعصاب والعضلات، فهى هامة لحفظ PH الدم (فوسفات - بيكربونات) .

١٠- هامة لتكوين الحامض المعدى اللازم للهضم .

١١- لازمة لتجلط الدم (كالسيوم).

١٢- تؤثر على حركة العضلات (صوديوم - كالسيوم - ماغنسيوم - بوتاسيوم).

١٣- تدخل فى تكوين الأملاح الذائبة لسوائل الجسم، كما تدخل فى تركيب المواد العضوية التى تدخل فى تكوين الدم والعضلات والأعضاء .

١٤- تدخل فى تكوين الجلد والشعر (زنك - نحاس).

١٥- هامة لفتح الشهية (صوديوم) .

وتؤثر المعادن على الخصوبة من حيث :

١- يدخل الكالسيوم بالمشاركة فى انقباضات الرحم، وفى عودة الرحم لطبيعته بعد الولادة .

٢- تؤثر عدة معادن (فوسفور - صوديوم - بوتاسيوم - منجنيز - زنك) على عملية التبويض ، وتتدخل كذلك فى تركيب سوائل البيض والسائل المنوى .

٣- يوجد الصوديوم والبوتاسيوم كذلك فى مخاط المهبل، مما يؤثر على الجهد الكهربى المؤثر على نقل السبرمات .

٤- تؤثر الإنزيمات المحتوية على معادن كبرى ونادرة (سيلينيوم - زنك) على إحداث الشياع التالى للولادة .

٥- نقص اليود يؤدى إلى موت الأجنة .

٦- يخفض الزنك والنحاس من نفوق الأجنة .

وتلعب العناصر النادرة دورا فى المناعة من حيث :

١- تؤدى النحاس والمنجنيز والزنك والسيلينيوم والحديد واليود إلى زيادة المقاومة للأمراض ، بتشجيعها للمناعة الخلوية ومناعة سوائل الجسم ، كما تزيد الخلايا الملتهمة .

٢- يشجع السيلينيوم على انتاج جلوبيولينات المناعة .

٣- يخفض الحديد من معدلات النفوق ومن نسبة حدوث الأنيميا .

٤- يلعب السيلينيوم والكروم دورا إيجابيا فى الحفاظ على الصحة، وفى السمية أو التلوث ، فالكروم أضيف مؤخرا إلى قائمة المعادن النادرة، لدورة فى ميتابوليزم الطاقة وفسيولوجيا الضغوط Stresses ، فهو محفذ للإنسولين ، يخفض من دهن الكلى ومن حدة الضغط ، بتأثيره على ميتابوليزم الجلوكوز .

دور المعادن فى أمراض الأظافر (والأظلاف والحوافر) :

١- الزنك والنحاس لها أدوار إنزيمية تحسن من حالة الحافر .

٢- نقص المنجنيز يؤثر على تخليق قاعدة العظام والتئام الجروح ، وبالتالى يزيد من مشاكل عرج الماشية .

٣- زيادة السيلينيوم السامة تزيد من أمراض القدم التقرحية .

٤- عرج الماشية ينشأ من تلف الأوعية الدموية تحت الأظلاف ، مما يؤدى إلى تلف الأنسجة المنتجة للظلف وظهور قروح الظلف ، وتفيد مركبات اليود فى منع أو علاج عفن القدم ، فيضاف إلى العلائق مركب إيثيلين دى أمين دى هيدرو أيو ديد (EDDI) كمضاد بكتيرى وكمحسن للمناعة الخلوية، كما يضاف ميثيونين الزنك لتحسين قوام الحوافر والإلتهابات الجلدية .

٥- يؤدى نقص النحاس إلى نقص تخليق الكيراتين والعرج فى الماشية .

أهمية المعادن فى ميتابوليزم الجسم :

١- تدخل المعادن فى تركيب أو عمل الإنزيمات ، كالحديد (سيتوكروم أكسيداز) ، والزنك (كاربونيك أنهيداز ، يرياز)، والمنجنيز (ببتيداز ، أرجيناز) ، والماغنسيوم (بيروفوسفاتاز) ، والموليبدنم (زانثين أكسيداز) ، والفوسفور (فوسفاتاز).

٢- وبذلك تدخل فى كل عمليات الميتابوليزم ، فبدونها يفشل عمل الأعضاء ، فالمعادن هامة لكل العمليات الفسيولوجية مثل الهضم والإمتصاص .

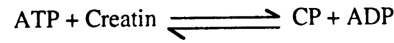
٣- المعادن (بيكربونات) تجعل الدم قلوى ضعيف وكذلك الأمعاء، بينما المعدة معادنها حامضية (حمض هيدروكلوريك) ، وعلى ذلك فإن نسبة الأحماض إلى القواعد لها أهمية عظمى فى الميتابوليزم، وتنظم هذه النسبة من خلال عمل الكلى. وقد تنشأ الحموضة أو القلوية من الأغذية ذاتها عند هضمها ، فالأغذية النباتية عالية القاعدية، بينما الأغذية البروتينية فهى عالية الحموضة (لإحتوائها كبريت وفوسفور فتنشأ أحماضها)، ونفس الشىء فى حالة الجوع وهدم بروتين الجسم ونشأة الأحماض المعدنية وحدوث تسمم حمضى Acidosis .

٤- نقص المعادن يؤدى إلى فقد الشهية ، ثم اضطرابات الجهاز العصبى المركزى ، وتشنجات ، واضطراب الهضم حتى يقف تدريجيا لنقص حمض الهيدروكلوريك فى المعدة .

٥- تحتوى العصارات الهاضمة على كميات كبيرة من المواد المعدنية، فلعاب الفم غنى بالصوديوم والفوسفات، وعسر المعدة يحتوى أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والفوسفات، والصفراء وعصير البنكرياس غنيان بأملاح الصوديوم والكبريتات والكربونات ، وفى الأمعاء توجد الكلوريدات .

٦- يتوقف الإخراج (كجزء من الميتابوليزم) على نسبة القواعد الى الأحماض فى الغذاء .

٧- الفوسفور هام فى الميتابوليزم الداخلى (التنفس الخلوى) ، وذلك بتكوين الفوسفات الغنية بالطاقة (كرياتين فوسفات CP ، أ دينوزين ثلاثى الفوسفات ATP) ، ثم الاستفادة منها بتكسير ATP الى أدينوزين ثنائى الفوسفات (ADP) وفوسفات حرة. فيعتبر ATP أهم مخزن للطاقة فى الكائنات المختلفة ، ويوجد متزنا مع CP ، وهذه العمليات توضح أهمية الفوسفور فى تمثيل الطاقة والعناصر ،



$$ATP + Creatin \rightleftharpoons CP + ADP$$

وقد قدرت الفوسفات الغنية بالطاقة فى الأنسجة المختلفة على النحو التالى :

النسيج	فوسفور ATP مجم ٪	فوسفاجين (CP) مجم ٪
عضلات (لحوم)	٣٢	٦٠
كلى	٨	–
طحال	١٧	–
قلب	٩	٥
مـخ	٥	١٢

وجدير بالذكر أن تحويل الفوسفات الغنية بالطاقة سريع جدا، فقد قدرت دورة ATP و CP فى العضلات بحوالى ٢٠ دقيقة ، أى أنه خلال ٢٠ دقيقة يتجدد نصف فوسفور هذين المركبين من مخزون الفوسفور غير العضوى بالخلايا . ويستطيع جرام واحد من الكبد أن يكون ١٢ مجم فوسفات غنية بالطاقة فى ظرف ساعة .

المعادن والضغط الأسموزى :

يتم تنظيم الضغط الأسموزى لسوائل الجسم أساسا بواسطة المحتوى المعدنى ، وذلك لأن المواد العضوية فى صورة غروية ولاتشارك إلا بقدر ضئيل فى الضغط الأسموزى . والضغط الأسموزى للدم بصفة خاصة له أهمية حيوية للكائنات ، وذلك لغسيل الدم لكافة الأنسجة والخلايا. وينظم الضغط الأسموزى كذلك بشكل كبير من خلال الكلى وإخراجها للبول ، وبذلك تحقق الإتزان فى الضغط الأسموزى .

ميتابوليزم المعادن :

تشمل عمليات الميتابوليزم كل من الإمتصاص ، والتوزيع على الأنسجة ، والتخزين ، والإخراج . ويخضع **إمتصاص المعادن** لنظرية سد (ملء) المخاطية Mucosal Block ، أى يقوم نظام الجسم بامتصاص المعدن حتى تتشبع خلاياه باحتياجاتها من العنصر المعدنى ، ويتوقف الإمتصاص على شكل العنصر وقت الإمتصاص، وعلى مكونات الغذاء الأخرى المحددة لامتصاص العناصر المعدنية، وعلى التأثيرات المتداخلة فى القناة الهضمية وتكوين معقدات مع المركبات العضوية كالأحماض الأمينية والببتيدات . فالمعقدات كبيرة الحجم شديدة الثبات تعوق امتصاص العنصر المعدنى ، بينما المعقدات الأقل ثباتا توفر فرصة لامتصاص الأيونات المعدنية المرتبطة بعد تحررها بواسطة أيونات معدنية أخرى . ويتحكم الجسم فى ميتابوليزم العناصر المعدنية بإعادة امتصاص العناصر المعدنية من مركباتها الفسيولوجية (الخاصة بأنسجة الجسم عند تكسرها) ، فيستعيد الجسم هذه العناصر دون تغيير ، ويطلق على هذا النظام بالنظام المغلق Closed System (إعادة الإمتصاص) ، أي أن الجسم يفرزها ثم يعيد امتصاصها ثانية. وإن كانت القدرة على إعادة الإمتصاص ليست ١٠٠ ٪ ، فإن القدرة على إعادة الإستفادة من العناصر المعاد إمتصاصها هى ١٠٠ ٪ (إذ تخرج المعادن من أجزاء من الأمعاء ليمتصها الجسم وتدخل نسب منها ثانية من الجسم إلى الأمعاء ليعاد إمتصاصها) ، وغالبا يحدث نسبة من الفقد مع العرق أو البول أو الروث . ويقدر الممتص من المعادن بحوالى ٣٠ – ٨٠ ٪ ، وقد يحسب

كمتوسط بحوالى ٥٠ ٪ .

وإعادة امتصاص المعادن يجعل من الصعب تقدير معاملات هضمها، إذ لايمكن الحكم على الخارج من المعادن فى الروث إن كان مصدره الغذاء (كجزء غير مهضوم) أم داخلى من الجسم (أصله من نواتج ميتابوليزمية من جسم الكائن من العصائر الهاضمة والمركبات البيولوجية المتكسرة) إلا باستخدام النظائر المشعة. وكما ذكر آنفا يتوقف الإمتصاص على مجمل سير عمليات الهضم ، ووجود الأحماض العضوية فوجود أحماض السيتريك واللاكتيك مع الكالسيوم والفوسفور مثل تكون مركبات سهلة الذوبان فيسهل امتصاصها، ولحامض الأوكساليك تأثير أكيد على امتصاص الكالسيوم. وفى الحبوب النجيلية ومخلفات المحاصيل الزيتية يوجد حمض الفوسفوريك بكم كبير فى صورة أملاح كالسيوم وماغنسيوم صعبة الذوبان (فيتين)، لكن فى المجترات توجد إنزيمات الفيتاز البكتيرية التى تكسر الفيتين وتحوله إلى مركب قابل للإمتصاص ولكن لايوجد هذا الإنزيم فى وحيدات المعدة (دواجن – خنازير) فلا يمتص فوسفور الفيتين (فى هذه الكائنات) وما يرتبط به من معادن أخرى (كالسيوم – ماغنسيوم – حديد – زنك – نحاس – منجنيز وغيرها) .

فحامض الفيتيك Phytic Acid فى الفول المدمس مثلا يمنع امتصاص الحديد والزنك والكالسيوم والماغنسيوم من الفول ، وإضافة مصدر لفيتامين C (ليمون – طماطم – بقدونس – جرجير – فلفل)

أو تناول عصير الموالح كلها تساعد على امتصاص المعادن من الفول . وكذلك تناول الشاى عقب الأكل يمنع امتصاص الحديد والكالسيوم ، لمحتوى الشاى من التانين ، لذا يشرب الشاى غير مغلى أو مضافا إليه ليمون لمنع عمل التانين المعوق لامتصاص المعادن (والبروتين) . ونفس الشيء بالنسبة للصموغ والبكتين تعوق امتصاص الحـــديد والكالسيوم (والدهون والبروتينات) . وقد يرجع ضعف الإمتصاص المعدنى أساسا لانخفاض الإستهلاك الغذائى (كما فى زيادة نضج ولجننة النباتات وزيادة نسبة سيقانها إلى أوراقها) ، أو لانخفاض بروتين الغذاء، أو لمحتواه من المواد الرابطة (أحماض الأوكساليك والفيتيك والتانين والبكتين) . وكذلك هناك علاقات معدنية / معدنية سواء مشجعة أو مثبطة للإمتصاص المعدنى كالعلاقة التالية التعاونية Synergistic :

١ - كالسيوم / فوسفور	٢- فوسفور / كبريت .
٣- فوسفور / يود .	٤- فوسفور / نحاس .
٥- فوسفور / كوبلت .	٦- ماغنسيوم / كبريت .
٧- نحاس / حديد .	٨- كوبلت / كبريت .
٩- نحاس / يود .	١٠- نحاس / منجنيز .
١١- نحاس / كوبلت .	١٢- يود / كوبلت .
١٣- حديد / منجنيز .	١٤- منجنيز / كوبلت .
١٥- صوديوم / بوتاسيوم .	١٦- منجنيز / موليبدنم .

١٧- زنك / موليبدنم .　　١٨- بوتاسيوم / كلور .

١٩- صوديوم / كلور .

أما العلاقات المعدنية / معدنية المتضادة Antagonstic فهى كالتالى :

١- كالسيوم / ماغنسيوم .　　٢- كالسيوم / حديد .

٣- كالسيوم / يود .　　٤- كالسيوم / نحاس .

٥- كالسيوم / منجنيز .　　٦- كالسيوم / زنك.

٧- ماغنسيوم / فوسفور .　　٨- ماغنسيوم / منجنيز .

٩ - بوتاسيوم / فوسفور .　　١٠- بوتاسيوم / زنك .

١١- فوسفور / صوديوم .　　١٢- فوسفور / زنك .

١٣- فوسفور / حديد .　　١٤- فوسفور / منجنيز .

١٥- كبريت / سيلينيوم .　　١٦- كبريت / نحاس .

١٧- كلور / يود .　　١٨- موليبدنم / فوسفور .

١٩- موليبدنم / زنك .　　٢٠ - موليبدنم / نحاس .

٢١- موليبدنم / يود .　　٢٢- زنك / نحاس .

٢٣- زنك / كوبلت .　　٢٤- زنك / حديد .

٢٥- صوديوم / زنك .　　٢٦ - صوديوم / منجنيز .

ومن ذلك يتضح أن عدد العلاقات التعاونية (١٩) أقل كثيرا من تأثيرات التضاد (٢٦)، وقد يرجع ذلك لسهولة الكشف تجريبيا عن تفاعلات التضاد ، إذ تظهر أعراض النقص مثالية. وتفاعلات المعادن (سواء مع بعضها البعض ، أو مع العناصر الغذائية وغير الغذائية الأخرى) سواء تفاعلات تعاونية أو تفاعلات تضاد ، تتم فى الغذاء ذاته أو فى القناة الهضمية، أو فى أثناء ميتابوليزم الأنسجة والخلايا . وإذا كانت دور المعادن فى وظائفه وتفاعلاته التعاونية تتضح من تفاعلات الفسفرة فى جدر الأمعاء ، تنشيط الإنزيمات الهاضمة، بناء العظام والأحماض النووية والأمينية ، بناء الهرمونات والإنزيمات والصبغات (كلوروفيل – هيموجلوبين – ميوجلوبين) ، إلى غير ذلك من تفاعلات حتى فى النباتات ، إذ يؤدى البورون مثلا إلى زيادة (٦٠ ٪) فى محتو الثيامين والنياسين ، كما يؤدى المنجنيز الى رفع نسبتى الريبو فلافين والنياسين بحوالى ٣٥ ٪ فى أوراق اللفت ، والنحاس يزيد (٦٠ ٪) من نسبة حمض الأسكوربيك فى الطماطم ، فإن تفاعلات التضاد– على العكس من ذلك – تعنى تثبيط عنصر لامتصاص عنصر آخر من القناة الهضمية ، مما ينشأ عنها تأثيرات عكسية على وظائف الجسم الكيموحيوية .

فنجد الفوسفور والماغنسيوم أو الزنك والنحاس يثبط كل منهما امتصاص الآخر فى الأمعاء ، بينما البوتاسيوم يثبط امتصاص الزنك والمنجنيز وليس العكس . ويتم التثبيط بأحد النظم التالية :

١- بتفاعل كيماوى بسيط بين العناصر ، كتكوين فوسفات ماغنسيوم فى وجود زيادة من الماغنسيوم فى الغذاء ، تفاعل ما بين النحاس والكبريتات ، تكوين ملح ثلاثى من كالسيوم فوسفات الزنك فى حالة وفرة كالسيوم الغذاء .

٢- الإدمصاص على سطح الجزيئات الغروية ، كتثبيت المنجنيز والحديد على جزيئات الماغنسيوم غير الذائب أو أملاح الألومنيوم .

٣- تأثير الأيونات المثبطة ذات العمل المضاد للميتابوليزم (كالبورون - رصاص - ثاليوم .. الخ) على الفسفرة الأكسيدية والنشاط الإنزيمى ، بما يتداخل مع امتصاص الأيونات غير العضوية .

٤- منافسة الأيونات فى جدر الأمعاء كالكوبلت والحديد .

وتضاد العناصر المعدنية عملية معقدة لعلاقات حيوية، وقد يعمل التضاد على حماية وظائف كيموحيوية ، وبوجه عام يمكن التوقع بأن المتشابهات والنظائر الكيماوية (الكالسيوم والماغنسيوم)، وكذلك العناصر ذات التكافؤ المتشابة والتى تميل لتكوين معقدات مشابهة تكون عادة متضادة .

وتساعد الأنيونات والكاتيونات فى تكوين مركبات مع الكاتيونات والأنيونات - على الترتيب - منفردة ومعقدة ، وهذا يفسر التضاد بين العناصر مثل : الزنك مع الكادميوم ، والفاناديوم مع الكروم ، والزرنيخ مع السيلينيوم ، والزنك مع النحاس ، والنحاس مع الحديد. وفى ميتابوليزم الأنسجة، تحدث تداخلات تضاد تكون المعادن فيها أساسا فى

شكل أيونات ومنها :

١- تداخل مباشر للأيونات غير العضوية المنفردة أو المعقدة ، مثل النحاس والموليبدنم .

٢- تنافس بين الأيونات للمراكز النشطة فى النظم الإنزيمية، مثل الماغنسيوم والمنجنيز .

٣- منافسة فى الإرتباط بالمادة الحاملة فى الدم، مثل الحديد والزنك فى ترانس فيرين البلازما .

٤- تنشيط معاكس فى النظم الإنزيمية ، فالنحاس يؤكسد فيتامين C إنزيميا بينما الزنك والمنجنيز يشجعان تخليق هذا الفيتامين ، وكذلك ATPase ينشطه الماغنسيوم ويثبطه الكالسيوم .

٥- خفض سمية العناصر الثقيلة فى الأغذية وفى أجسام الكائنات بواسطة العناصر النادرة الحيوية ، كخفض تركيز الرصاص بالجسم بإضافة النحاس والزنك والمنجنيز .

ويؤثر فى ميتابوليزم المعادن كثير من غدد وهرمونات الجسم، كالهيبوثالامس ، النخامية غدد فوق الكلية (الكظر) ، والتى تفرز الكاتيكولامينات Catecholamines (أدرينالين Adrenaline ، أرتيرينول Arterenol) الناتجة من نخاع الكظر ، والكورتيكويدات المعدنية Mineralocorticoids كالألدوستيرون Aldosterone (التى يتم تنبية قشرة الكظر لانتاجها) ، و١١- ديسوكسى كورتوكوستيرون

، 11- Desoxycortocosterone (DOCA) أديـــورتـــين (Antidiuretic, ADH) Adiuretin ، وكلهـا تتأثر بعوامل الضـغوط البيئية Environmental Stresses .

ويتوقف المعاد امتصاصه من العنصر المـــعدنى على وفرته فى الغذاء ، فنقص الصوديوم فى الغذاء يؤدى إلى وقف إفرازه فى العرق واللعاب والغدد المعوية،ويعاد امتصاصه من الكلى ، فيتركز فى الأنسجة، ويزيد إخراج البوتاسيوم حتى يقل تركيزه داخل الخلايا ، ويساعد فى ذلك هرمون DOCA ،كما يلعب هرمون عدم إدرار البول ADH دورا فى هذا التنظيم الهرمونى بتشجيعه إعادة امتصاص الماء من الكلى فيتركز البول ، ويتأثر هذا الهرمون كذلك بالمؤثرات الخارجية فيؤدى إلى تراكم الماء فى الأنسجة كما تتأثر بنفس هذه المؤثرات الهرمونات سابقة الذكر، فتؤدى إلى زيادة صوديوم وكلور وماء الجسم، بينما ينخفض تركيز البوتاسيوم، مما يؤدى إلى زيادة حساسية خلايا الجسم، إذ أن تركيز هذه المعادن يحدد الجهد الكهربى على أغشية الخلايا، وكذلك الضغط الأسموزى ، طبقا لنفاذية الأغشية .

تخزين المعادن الممتصة والمعاد إمتصاصها فى أنسجة الجسم يتباين بتباين العناصر ، وأشهر أماكن التخزين هو الجهاز العظمى ، ويطلق عليه بالتركيب المتحرك Dynamic Structure ، لأن أكثر من ثلث محتواه المعدانى قابل للحركة، أى يترك العظم وينتقل إلى الأنسجة الرخوة التى تنقصها هذه المعادن، ومنها الكالسيوم والفوســفور وغيرها،

وعليه تنقسم معادن الجهاز العظمى إلى :

١- معادن متحركة ، وهى الجزء المخزون من المعادن .

٢- معادن بنائية ، بطيئة الحركة .

بينما فى الأنسجة الرخوة يكون محتواها المعدنى (لامتحرك ولابنائى) فى حالة إتزان دائم مع محتوى تيار الدم والأنسجة الأخرى . وينظم الكالسيوم والفوسفور بين العظام والدم والأنسجة الأخرى بواسطة هرمونات غدد جارات الدرقية. ويخزن اليود فى الغدة الدرقية ، ويوجد اليود فى الجسم فى عدة صور هى :

١- غير عضوى (٧٥ - ٨٠ ميكروجرام) .

٢- عضوى فى هرمون الثيروكسين (٨٠٠٠ ميكروجرام).

٣- غير عضوى فى مشابهات الثيروكسين (١٠٠٠ ميكروجرام) .

ويخزن حديد الجسم فى عدة صور أهمها الهيموجلوبين (٧٥٪ من حديد الجسم) والفريتين Ferritin (١٦٪) فى الخلايا والهيموسيدرين Hemosidrine (٧٪) ، والميوجلوبين فى العضلات . وبتقدم العمر تتغير صور التخزين ، فنجد الكالسيوم يزداد تخزينه فى المخ والعضلات اللاإرادية والكلى والقلب والرئتين (ولاترتبط أماكن التخزين بمستوى العنصر فى الغذاء)، ويزداد تركيز الحديد فى النخاع العظمى والكلى ويقل فى بلازما الدم بتقدم العمر، لزيادة تخليق

المركبات القابلة للإتحاد مع الحديد بعد فترة النمو والبلوغ أى بتقدم العمر. وحتى محتوى الشعر من المعادن يتأثر بالعمر (بجانب الجنس والنوع واللون والمواسم والموقع على الجسم) فيكون أقل فى الصغار عن الكبار فى الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والنحاس ، والشعر الملون أكثر احتواء على الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم عن الشعر الأبيض، وموقع الشعر على الجسم يتأثر بالتلوث السطحى ودورات نمو الشعر وقوامه ، ويعكس الشعر المستوى الغذائى للزنك والسيلينيوم وربما كذلك الرصاص والزرنيخ والكادميوم (والتى قد ترتبط بالتلوث البيئى كذلك) ، وإن كان الشعر ومحتواه المعدنى لايعتبر دليلا دقيقا لحالة المعادن و لكنه قد يشير الى شدة أعراض نقص بعض المعادن الضرورية ، أو قد يشير إلى التعرض لتلوث بالمعادن الثقيلة، لذا يجب المقارنة بين أفراد من نفس النوع والجنس والموسم واللون .

ويعمل الجسم على حفظ الإتزان المعدنى بطرق عديدة منها :

١- تغيير نسبة الإمتصاص (كالسيوم - زنك - حديد - منجنيز) .

٢- تغيير معدل الإخراج من أصل الجسم فى الروث (منجنيز) .

٣- تغيير الإخراج فى البول (صوديوم - بوتاسيوم - كلور - ماغنسيوم - يود - سيلينيوم - فلور) .

٤- تغيير مخزون الأنسجة فى صور متحركة أو غير ضارة (كالسيوم - نحاس - يود - فلور) .

وذلك للوصول إلى حالة إتزان معينة بين المتحصل عليه من المعادن من الأمعاء وبين صور الإفراز المختلفة وبين عمليات التبادل البينية، ويطلق على هذه الحالة من الإتزان بميكانيكية تنظيم التنسيق Coordinate Regulation Mechanism أو بحالة التعادل أو الإتزان Homeostasis للمعادن ، والتى تنظمها أساسا هرمونات غدد جارات الدرقية وفوق الكلية. فتخزين الكالسيوم والفوسفور يتم فى الجزء الأسفنجى للعظام فى حالة زيادة مستواهما النسبى فى الدم ، لتتم عملية سحبهما Mobilization من العظام دون حدوث اضرار فسيولوجية إذا ما أعيد بناء هذا المخزون ثانية . وفى الأعمار الصغيرة يعد الهيكل العظمى كذلك مخزنا للماغنسيوم غير الثابت ، بينما فى الأجسام تامة النمو لايمكن سحب ماغنسيوم الهيكل العظمى إلا بكميات صغيرة (حوالى ٢ ٪ تقريبا من ماغنسيوم الهيكل العظمى). ويؤثر الإنتاج والحالة الفسيولوجية على ميزان المعادن ، فإن لم توفر الإحتياجات الغذائية المعدنية المتطلبة لنمو الجسم أو نمو الجنين أو للرضاعة (لإنتاج اللبن) وغيره ، فإن الجسم يستنزف من مخزونه المعدنى حتى لايتأثر الإنتاج ، ويؤدى ذلك الى ميزان سالب للمعادن ، ويتوقف عمق سلبية هذا الميزان على مقدار ومدة النقص الغذائى ، وشدة ومدة الإنتاج (أو النمو) ، وإذا استمر نقص المعادن يؤثر على الصحة والإنتاج .

إفراز أو إخراج المعادن يرتبط بظروف التغذية وميتابوليزم المركبات العضوية ومايحتويه من مواد غير عضوية، ويفرز الجسم المعادن حتى فى حالات

الجوع وندرة المعادن فى الغذاء، وإن كان المفرز فى الروث والبول فى حالة قلة المادة المعدنية الغذائية أقل منه فى حالة الجوع التام (ندرة المعادن والمادة العضوية معا)، ويختلف معدل الإفراز باختلاف العناصر ، فبينما يفرز كلوريد الصوديوم فى حالة الجوع بنهايته الصغرى ، فإن الكالسيوم والفوسفور يستمر إخراجهما بكميات كبيرة كالمعتاد . وأول جزء من الجسم يتأثر بانخفاض المواد المعدنية هو الهيكل العظمى ، لأنه الجزء الغنى بالمواد المعدنية، وفى حالة وفرة المعادن بالغذاء يخرج مالا يستعمل منها فى الروث والبول ، وتتوقف نسبة خروج المعادن فى كل من الروث أو البول على نوع التغذية وتأثير حامضية أو قلوية معادن الغذاء ، فالأغذية حامضية الرماد (لبن – لحوم – حبوب) تؤدى إلى إخراج بول حامضى (كما فى آكلات اللحوم ، وحالات الجوع) محتوى على حمض الفوسفوريك وكميات كبيرة نسبيا من الكالسيوم والماغنسيوم ، بينما رماد الأغذية الخضراء والجذور والدرنات يكون قاعديا ويؤدى إلى انخفاض محتوى البول من هذه المعادن الحامضية فيكون البول قاعدى (كما فى النباتيين)إذ يخرج معظم الفوسفور مع الكالسيوم فى الروث .

والإخراج الطبيعى للمعادن سهلة الذوبان (صوديوم – بوتاسيوم – كلور) يكون عن طريق البول ، بينما المواد صعبة الذوبان (حمض فوسفوريك – كالسيوم) فتخرج فى الروث ، وهذا ليس معناه انخفاض معدلات هضم الفوسفور والكالسيوم ، إذ أن الكثير منهما يمكن إعادة امتصاصه فى أجزاء القناة الهضمية العليا . وتتوقف نسب الإخراج أو

تركيز العناصر المعدنية فى سبل الإخراج المختلفة على نوع الكائن ، ونظام تغذيته ، ونوع الإخراج ، والعنصر ذاته ، ونسب العناصر المعدنية لبعضها البعض ، وعلى وجود الأحماض العضوية، فالأغذية الغنية بالأحماض العضوية تسبب إفراز كميات كبيرة من الكالسيوم .

وعند التغذية على عنصر معدنى مايمتص منه جزء ، والجزء الآخر غير قابل للإمتصاص يخرج فى الروث ، وناتج التمثيل الغذائى للجزء الممتص يخرج فى البول ، إلا أن الخارج فى الروث لايمثل فقط الجزء غير المهضوم بل كذلك يحتوى على جزء خارج من مادة الجسم ، وكذلك بالنسبة للبول فلا يمثل محتواه الجزء الفائض أو الزائد عن حاجة الجسم ، إذ قد يدخل جزء من المعدن إلى الأمعاء ويخرج من جزء آخر من الأمعاء دون أن يمتص . لذلك فإن تقدير معاملات الهضم بالنسبة للمعادن شيء ليس له معنى ، إلا بتتبعها باستخدام النظائر المشعة والتى تعطى فكرة واقعية للخارج فى الروث من المعادن من أصل الغذاء (وليس من ذات الجسم)، مما يؤدى لارتفاع معاملات الهضم الحقيقية المحسوبة بهذه الطريقة للمعادن عن تلك المحسوبة ظاهريا . وإخراج معظم المعادن النادرة يتركز فى الروث بقدر يعلو عن ٩٥٪ من جملة الخارج ، والكم القليل يخرج فى البول ، وإن خرج الفلور واليود والموليبدنم والسيلينيوم أساســا عن طريق الكلى (فى البول) .

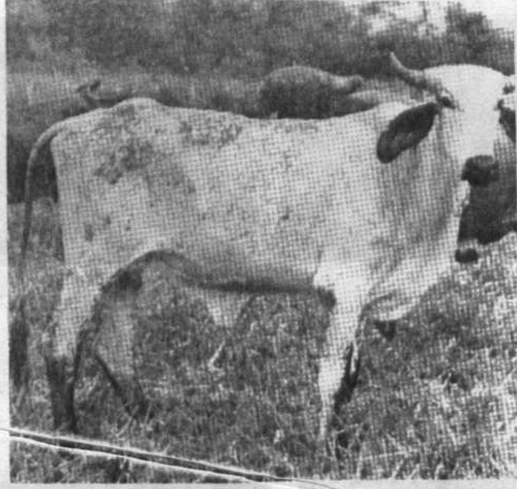
الفصل الرابع

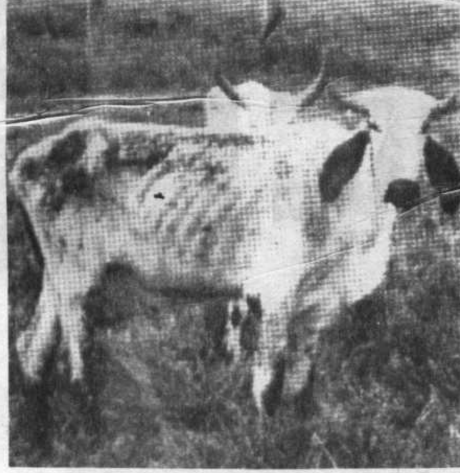
أعراض النقص والزيادة للمعادن

لاتظهر **أعراض النقص** مباشرة عند انخفاض محتوى الغذاء من المعادن بشكل بسيط ، وذلك لسحب المعدن (الناقص إمداد الكائن به) من مخزون جسمه ، وقيام الكائن بعملية الإتزان المعدنى ، بينما إذا طالت فترة النقص المعدنى الغذائى ، أو زاد النقص بشدة ، فإنه تظهر أعراض نقص المعادن . وتؤدى نقص العناصر الكبرى إلى تأثيرات سلبية على الصحة والخصوبة والإنتاج فنقص الكالسيوم يؤدى فى الصغار إلى الكساح Rachitis وتشويهها وتضخم المفاصل وصعوبة السير ، بينما يؤدى فى الكبار إلى لين العظام وهشاشتها Osteomalacia إذ تقل كمية العظام المتكلسة فتقل كثافة وصلابة العظام. كما قد تظهر نفس الأعراض فى حالة نقص الفوسفور ، أو عدم تناسب النسبة بين الكالسيوم والفوسفور (أو بنقص فيتامين D) . كما قد تظهر على الحيوانات عالية الإدرار من اللبن أعراض الغيبوبة Coma والرقاد وصلابة الجسم ، وذلك ما يعرف بحمى اللبن Milk Fever ، نتيجة انخفاض مستوى كالسيوم الدم ، لفشل الحيوانات فى سحب الكالسيوم من عظامها بكم كاف يتناسب مع احتياجات انتاج اللبن الغزير ، فتعالج بالحقن بجلوكونات كالسيوم ، ويراعى لعدم تكرار حدوث ذلك أن ترفع مقرراتها الفوسفورية (بإضافة ١٥٠جم مخلوط أملاح غنية

بالفوسفور فقيرة بالكالسيوم) إبتداء من الأسبوع السادس قبل الولادة، لتنبيه غدد حارات الدرقية لإفراز هرمون الباراثورمون Parathormon الذى يحرر كالسيوم العظام بالكم الكاف لتغطية احتياجات الإنتاج العالى من اللبن (لأن غنى الغذاء بالكالسيوم يثبط إنتاج الباراثورمون) ، وتستمر هذه الإضافة حتى يوم عقب الولادة مما يحسن من امتصاص الكالسيوم .

كما يرتبط نقص فوسفور الغذاء بنقص الخصوبة، كتأثير غير مباشر ، إذ ينخفض استهلاك الغذاء لنقص الفوسفور ، وعليه ينخفض استهلاك البروتين والطاقة مما يؤدى الى ما يسمى بعقم الجوع ،إذ لايؤثر الفوسفور بشكل مباشر على التناسل . كما يؤدى نقص الماغنسيوم Hy-pomagnesemia إلى حمى نقص الماغنسيوم Hypomagnesemic Tetany من فقد الشهية ، ونرفزة ، بحلقة العيون ، تشنج عضلى ، وذلك لنقص محتوى الدم من الماغنسيوم بشدة ، خاصة فى الحيوانات تامة النمو التى لايمكنها سحب ماغنسيوم عظامها لتعويض نقصه فى الدم ، وهذه الحالة قد لاترتبط بنقص الماغنسيوم فى الغذاء ، بل قد ترجع أساسا لقصور ونقص المتاح من الماغنسيوم للتمثيل الغذائى ، نتيجة اضطراب فى الإمتصاص، أو لزيادة بوتاسيوم وبروتين الغذاء مما يعيق امتصاص الماغنسيوم، ويفيد اعطاء اكسيد الماغنسيوم فى الوقاية من هذا المرض (٥٠ جم / بقرة حلابة ، ٧ جم / نعجة / يوم) .





سوء حالة الحيوان رغم وفرة المراعى الجيدة (على اليسار)، ونفس الحيوان بعد ٢,٥ شهر (على اليمين) من توفير معادن عالية الجودة للاستهلاك بحرية .



تدمير الاسنان وبلائها، حالة متوسطة (على اليسار) وأخرى شديدة (على اليمين) من أعراض نقص المعادن (واستهلاك التربة والعظم وغيرها).



بقرة تتغذي على التربة لنقص معدني شديد



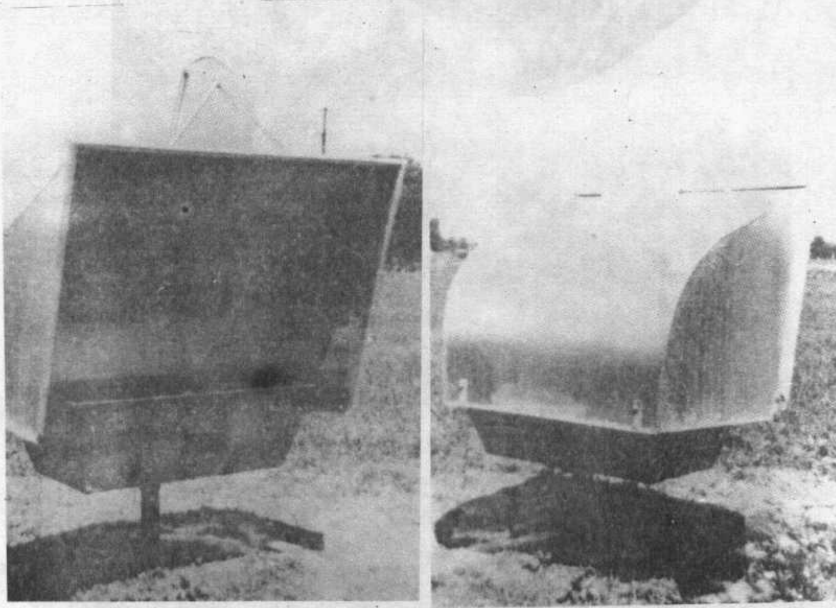
محتوى كرش بقرة تتناول التربة كغذاء (Pica)، كمية حصى كبيرة (حوالي ٢٠ كجم في الكرش).

ويؤدى النقص الغذائى الى أمراض الأظافر والحوافر (تغييرات فى تركيبها) ، نتيجة نقص العناصر المعدنية، مما يؤدى إلى قابلية العظام للكسر والهشاشة ،كما يؤدى إلى فقدان الشهية ، وتيبس المفاصل ، وطراوة العظام ، وفتور ، وتضخم الغدة الدرقية (مرض الجوتير) ، واسهال ، وأنيميا، وخشونة الجلد والغطاء الشعرى ، وضعف النمو ، وضمور قنوات الكلى ، واضطراب التناسل ، وانخفاض الإنتاج ،وانتشار عادة اللعق (اللحس) للحوائط ، وأكل لحوم البعض للبعض الآخر، وأكل التربة والحصى والعظام ، وكلها من أعراض نقص المعادن ،

وتؤدى **زيادة المعادن** كذلك إلى أعراض مرضية، تعرف بإعراض الزيادة والتى قد تصل لحد التسمم والموت . فزيادة الكالسيوم قليلا تسىء إلى العناصر الغذائية الأخرى إذ تنخفض معدلات هضم الدهون مرتفعة درجة الإنصهار ، كما ينخفض امتصاص النحاس والزنك. وحتى العناصر النادرة الضرورية تظهر كذلك أعراض الزيادة أو التسمم، إلا أن الفارق كبير جدا بين الإحتياجات والجرعات السامة أو المحتملة كما يوضحها الجدول التالى :



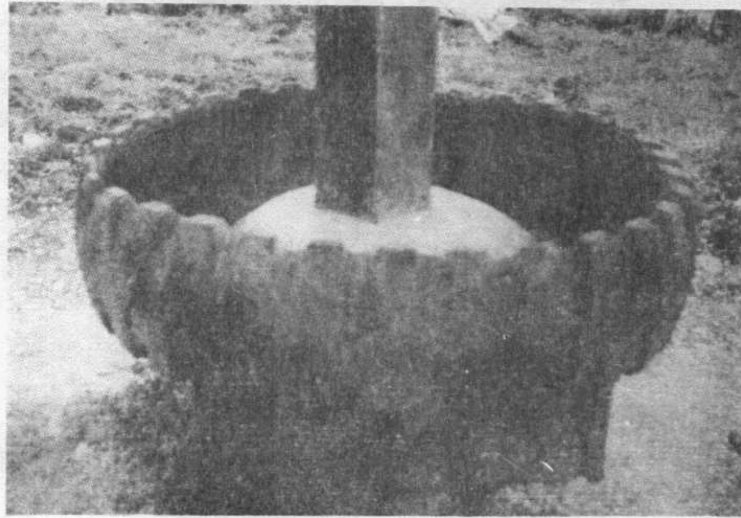
صعوبة توفير الأملاح المعدنية خلال مواسم المطر والفيضانات للحيوانات



غذاية للمعادن بالتحكم بواسطة الرياح، من المعدن المجلفن المغطى بالألياف الزجاجية، على قائم خشبي ، مصممة ليكون الجانب المغلق تجاه الرياح لتجنب الفقد بالرياح والأمطار .



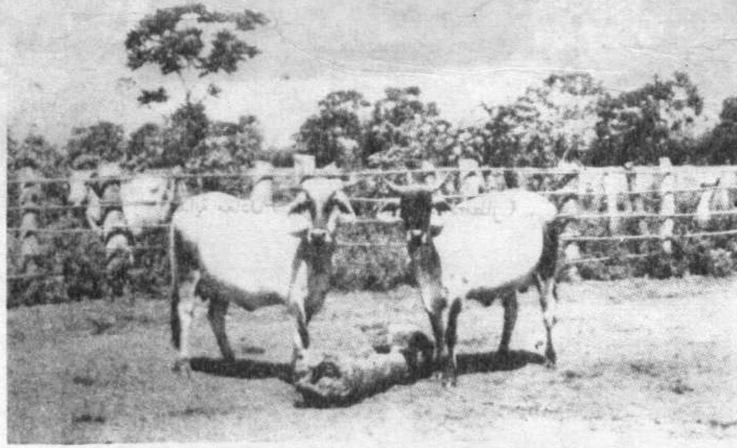
غذاية معادن (نصف برميل)



غذاية معادن (إطار سيارة)



غذاية معادن



عذاية معادن (ساق شجرة منحوتة يدويا)



غذاية معادن (طويلة العمر ، ضد الأمطار) .

الحد المأمون من العناصر النادرة للماشية الحلابة (جزء/مليون) :

العنصــــر	الحد الأدنى المتطلب	أقصى حد مأمون
حديد	٥٠	١٠٠٠
زنك	٤٠	١٠٠٠
سيلينيوم	٠,١	٥
كوبلت	٠,١	٢٠
منجنيز	٤٠	١٠٠٠
نحاس	١٠	٨٠
يود	٠,٥	٥٠

وفيما يلي جدول ببعض المعادن النادرة ذات المدى الضيق بين الإحتياج منها والكم السام (جزء / مليون) :

العنصــــر	الحد المحتمل	الحد السام
زنك (بقر)	٥٠٠	٩٠٠
سيلينيوم (بقر / خنازير)	٢	-
منجنيز (خنازير)	٨٠	٥٠٠
موليبيدنم (بقر)	٥	١٠
موليبيدنم (غنم)	٢	٥
نحاس (بقر)	٥٠	١١٥
نحاس (غنم)	-	١٢,٥

هذا كما حددت الجرعات السامة فى الغذاء (جزء / مليون) للحيوانات المجترة من بعض العناصر على النحو التالى :

حديد	أعلى من ٥٠٠	رصاص	أعلى من ٦٠
زنك	أعلى من ١٥٠	سيلينيوم	أعلى من ٣
فلور	أعلى من ٢٠	كوبلت	أعلى من ٣٠
منجنيز	أعلى من ٤٠	نحاس	أعلى من ٢٧

وفيما يلى بعض الإحتياجات والحدود السامة لبعض الحيوانات من النحاس والسيلينيوم (جزء/ مليون) :

الحيوان	نحـــاس		سيلينيوم	
	احتياجات	الحد السام	احتياجات	الحد السام
عجول	٤	–	٠,٠٥ – ٠,١٠	٥
ماشية حلابة	١٠	١٠٠	٠,١	٥
غنم	٥	٨ – ٢٥	٠,١	أعلى من ٢
خنازير	٦	٣٠٠ – ٥٠٠	٠,١	٥ – ٨

وتظهر سمية النحاس إذا احتوى كبد الماشية على ٧٠٠ جزء /

مليون نحاس، بينما تظهر عليها سمية الفلور باحتواء عظامها على ٤٥٠٠ - ٥٠٠٠ جزء / مليون فلور ، كما تظهر سمية المنجنيز باحتواء شعورها على ٧٠ جزء / مليون منجنيز ، وسمية السيلينيوم باحتواء أكبادها على ٥ - ١٥ جزء / مليون سيلينيوم .

هذا وتؤثر المعادن فى الغذاء على وفرة الحمض الأمينى ليسين، فالتركيزات العالية للكاتيونات بالنسبة للأنيونات تخفض من وفرة الليسين ، بينما ارتفاع تركيزات الأنيونات بالنسبة للكاتيونات تؤدى إلى العكس (عدم وفرة الليسين) .

أن المناطق الإستوائية يعوزها عناصر كالكالسيوم والفوسفور والصوديوم ، والكوبلت والنحاس واليود والسيلينيوم والزنك ، وبعض المناطق تحت ظروف خاصة يعوزها كذلك الماغنسيوم والبوتاسيوم والحديد والمنجنيز ، بينما تزيد تركيزات الفلور والموليبدنم والسيلينيوم بها. هذا وتنتشر فى أسيوط مثلا عناصر البورون والفلور والفوسفات والكبريت كملوثات من مصنع الأسمدة بمنقباد ، فينقلها الهواء ، وتزداد فى التربة خاصة فى الطبقة السطحية وتقل بعمق التربة .

هناك أهمية للعناصر المعدنية لميكروفلورا الجهاز الهضمى لمختلف الكائنات وذلك من الشواهد التالية :

١ - بإضافة المعادن للأغذية تزداد أعداد وأنشطة المجاميع الفردية للكائنات الحية الدقيقة فى الحيوانات .

٢ - تحسن هضم السليلوز ميكروبيا فى الحيوانات المجترة عند

إضافة رماد البرسيم الحجازى أو المولاس (كمصادر معدنية) للأعلاف منخفضة الجودة .

٣- بتعويض نقص المعادن النادرة يزداد تخليق البروتين الميكروبى وينخفض فقد النيتروجين .

٤- يضار ميتابوليزم المعادن فى وحيدات المعدة المعاملة بالمضادات الحيوية التى تؤثر على عشائر الميكروفلورا .

٥- خفض الطلب لبعض المعادن (ماغنسيوم - زنك - كالسيوم - فوسفور) وامتصاصها أكثر فى الحيوانات المعقمة (خالية الميكروفلورا) خاصة الكتاكيت ، مقارنة بالحيوانات الطبيعية التى تحتوى على ميكروفلورا فى الأمعاء .

ورغم ذلك فزيادة العناصر المعدنية تضر بميكروفلورا الجهاز الهضمى ، كما يوضحه الجدول التالى (ميكروجرام / مل سائل كرش مجترات) :

العنصر	التركيز الأمثل	التركيز السام	التركيز المنشط	التركيز المثبط
بورون	صفر	٠,٥	–	–
حديد	صفر –٥٠	٣٠٠	–	–
زنك	صفر –٠,٠٥	٥	٠,١٩ –٠,٧٢	أكثر من ١,٤٤
كالسيوم	٥٠ –٣٠٠	٤٥٠	–	–
كبريت	١٠ –٥٠٠	١٠٠٠	–	–
كوبلت	صفر	٥	٠,٠٩ –٠,٤٥	٢,٩٥
ماغنسيوم	٢٠–١٦٠	٣٢٠	–	–
منجنيز	صفر–١٦٠	٣٢٠	٠,٩ –٢,٧	٤٠
نحاس	صفر–١	١,٥	١,٠–١,٣	٣

وفيما يلى الأعراض المرضية الناتجة من زيادة تركيز المعادن :

العنصر	أعراض زيادته المرضية
المونيوم	علامات الشيخوخة المبكرة – صرع .
باريوم	سرطان – ضعف جنسى – ألم بطنى – إسهال .
حديد	تغير طعم المياه الملوثة بالحديد .
رصاص	سرطان – التهابات كلوية – إجهاض – ضعف جنسى – أنيميا – التهاب عضلى – صداع – غثيان وقيىء – تعب التهاب الأطراف – نقص الوزن – بقع بيضاء بالوجه – شعور بالقرف .
زئبـــــق	التهاب كلوى – أنيميا – صداع – غثيان وقيىء – تعب– نقص الوزن – كثرة اللعاب – شعور بالقرف .
زرنيخ	سرطان – أنيميا – صداع – غثيان وقيىء – تعب – التهابات الأطراف – نقص الوزن – بقع بيضاء بالوجه – لون برونزى بالجلد – خشونة الجلد .
زنـــك	تضخم الكبد والطحال – أنيميا – تأخر إلتئام الجروح – شعور بالقرف .
سيلينيوم	لون برونزى بالجلد.
فلـــور	التهاب كلوى – إجهاض – أنيميا – ألم مفصلى – صداع – تشوهات الجهاز الهيكلى – بقع بيضاء بالوجه .
كادميوم	التهاب كلوى – صداع – غثيان وقيىء – لين عظام – تشوهات الجهاز الهيكلى .
كالسيوم	التهاب عضلة القلب – غثيان وقيىء .
كبريتات	إسهال.

العنصر	أعراض زيادته المرضية
كروم	سرطان – شعور بالقرف .
كلور	تغير طعم الماء الملونة بالكلور .
ماغنسيوم	قلوية وعسر الماء مرتفع الماغنسيوم .
منجنيز	علامات الشيخوخة المبكرة – تغير طعم المياه الملوثة بالمنجنيز.
نتـرات	سرطان – أنيميا .
نحاس	تليف كبدى – غثيان وقيىء – إسهال .
نيكل	سرطان – التهاب عضلة القلب – غثيان وقيىء.

رغم الوظائف الحيوية للمعادن والتى سبق الإشارة إليها ونوجزها فيما يلى :

١– الإشتراك فى تكوين الأنسجة الضامة .

٢– حـفظ الإتزان Homeostasis للسوائل الداخليـة ، أى التركيب الكيماوى والخواص الكيموطبيعية للبيئة الداخلية للكائن ، مثل درجة حرارة الجسم ، والضغط الإسموزى للسوائل، تركيز أيون الهيدروجين ، محتوى السكر والبروتين ، تركيز ونسب الأيونات النشطة بيولوجيا .

٣– تنشيط التفاعلات الكيموحيوية، بالعمل على الأنظمة

الإنزيمية، مباشرة أو بشكل غير مباشر بتأثيرها على وظائف الغدد الصماء ، وعلى ميكروفلورا الجهاز الهضمى . فقد يحتوى الإنزيم أكثر من عنصر معدنى كالسيتوكروم أوكسيداز (حديد ونحاس) وإكزانثين أوكسيداز (حديد وموليبدنم) . كما قد ينشط عمل الإنزيمات فى وجود كاتيونات الصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم والكالسيوم والزنك والكادميوم والكروم والنحاس والمنجنيز والحديد والكوبلت والنيكل والألمونيوم .

٤- تلعب دورا متخصصا فى عدد من الهرمونات كالألدوسترون (صوديوم)، هرمون جارات الدرقية والثيروكالسيتونين (كالسيوم)، ويدخل البعض فى تركيب الهرمونات كالكبريت (إنسولين ، برولاكتين ، أوكسى توسين ، فازوبروسين وغيرها) .

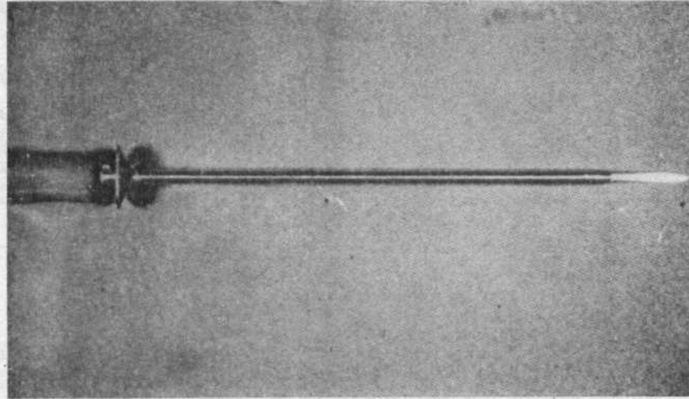
فإن زيادة هذه المعادن مرضية، فلقد أظهرت عناصر كالسيلينيوم والرصاص والزرنيخ والكادميوم أنها مسرطنة ، ويصاب عمال مسابك النحاس والقصدير والفضة بسرطان الجلد لتعرضهم لأدخنة الزرنيخ فى هذه المصانع، كما يصاب عمال مناجم الكوبلت واليورانيوم بسرطان الرئة، ويصاب عمال صناعة الفحم الحجرى بسرطانات جلدية وسرطانات أخرى يسببها التعرض للقطران والقار ، كما أن السناج يؤدى لانتشار سرطان الخصية فى عمال تنظيف المداخن .

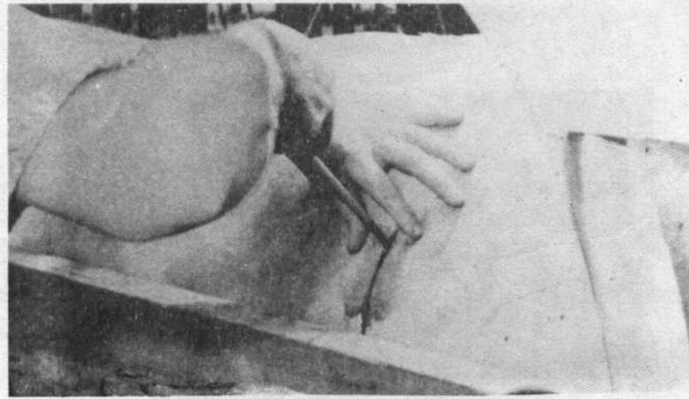
العنصر	الاحتياجات			النسيـــج	المستويات الحرجة
	ماشية لبن	ماشية لحم	أغنام		
كالسيوم (٪)	٠,٥٣	١,٥٣-٠,١٧	٠,٨٢-٠,٢٠	عظام خالية الدهن رماد عظام بلازما	٢٤,٥٪ ٣٧,٦٪ ٨مجم/١٠٠مل
ماغنسيوم٪	٠,٢٠	٠,٢٥-٠,٠٥	٠,١٨-٠,١٢	سيرم بول سائل النخاع	١,٢ مجم/١٠٠مل ٢-١٠مجم/١٠٠مل ١,٦ مجم/١٠٠مل
فوسفور ٪	٠,٣٤	٠,٥٩ -٠,١٧	٠,٣٨-٠,١٦	عظام خالية الدهن رماد عظام عظام (حجم) بلازما	١١,٥٪ ١٧,٦٪ ١٢٠مجم فوسفور/سم ٤,٥مجم/١٠٠مل
بوتاسيوم٪	٠,٩٠	٠,٧٠-٠,٥٠	٠,٨٠-٠,٥٠	-	-
صوديوم ٪	٠,١٨	٠,١٠-٠,٠٦	٠,١٨-٠,٠٩	لعاب روث	١٠٠-٢٠٠مجم/مل ١٠٠٠جزء/مليون
كبريت ٪	٠,٢٠	٠,١٥-٠,٠٨	٠,٢٦-٠,١٤	-	-
كوبلت (جزء/مليون)	٠,١٠	٠,١١-٠,٠٧	٠,٢٠-٠,١٠	كبد	٠,٠٧-٠,٠٥ جزء/مليون
نحاس (جزء/مليون)	١٠	١٠-٤	١١-٧	كبد سيرم	٢٥- ٧٥جزء/مليون ٠,٦٥ ميكروجرام/مل
يـــود (جزء/مليون)	٠,٦٠	٢,٠- ٠,٢٠	٠,٨٠-٠,١٠	لبن	٣٠٠ميكروجرام/يوم
حديد (جزء / مليون)	٥٠	١٠٠- ٥٠	٥٠- ٣٠	هيموجلوبين ترانس فيرين	١٠جم/١٠٠مل ١٣-١٥٪ تشبع
منجنيز (جزء / مليون)	٤٠	٥٠- ٢٠	٤٠ - ٢٠	كبد	٦ جزء / مليون
سلينيوم (جزء/مليون)	٠,٣	٠,٣٠-٠,٠٥	٠,٢٠-٠,١٠	كبد سيرم شعرأوصوف	٠,٢٥ جزء/بليون ٠,٠٣ ميكروجرام/مل ٠,٢٥ جزء/مليون
زنك (جزء / مليون)	٤٠	٤٠- ٢٠	٣٣-٢٠	سيـــرم	٠,٨-٠,٦ ميكروجرام /مل

تشخيص التسمم المعدنى فى الماشية والأغنام (جزء / مليون)

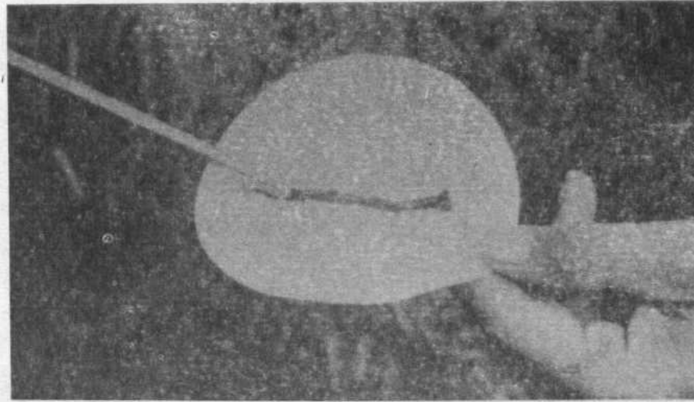
العنصر	الإحتياجات			النسيج	المستويات الحرجة
	ماشية لبن	ماشية لحم	أغنام		
نحاس	٨٠	١١٥	٨- ٢٥	كبد	٧٠٠
				سيرم	١,٢
فلور	٣٠	٣٠-١٠٠	٦٠-٢٠٠	عظام	٤٥٠٠ -٥٥٠٠
منجنيز	١٠٠	١٥٠	-	شعر	٧٠
موليبدنم	٦	٦	٥-٢٠	كبد	٤
سلينيوم	٥	٥	أعلى من ٢	كبد	٥ - ١٥
				شعر	١٠
زنك	٥٠٠	٥٠٠	١٠٠٠	-	-

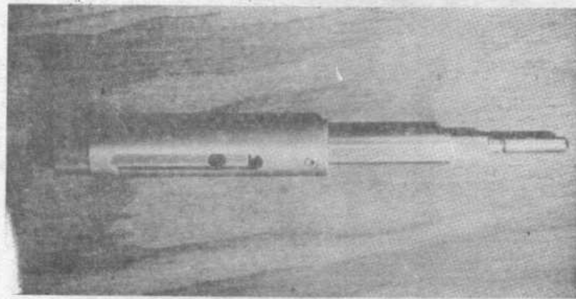
ولإجراء هذا التشخيص سواء للنقص المعدنى أو للتسمم المعدنى ، يتم تقدير هذا العنصر محل الدراسة فى أنسجة الجسم المختلفة سواء سيرم أو بلازما، أو سائل النخاع الشوكى ، أو العظام، أو الكبد ، أو الشعر. وهذه كلها يمكن أخذها والكائن محل الدراسة حى Biopsy ، حتى الكبد والعظام، فيستخدم محقن بزل Trocar وأسطوانة سحب Cannula خلال ثقب بسيط ، وتسحب بذلك عينة الكبد فى ظرف ٥ دقائق كما توضحه الصور التالية . وكذلك أخذ عينة العظام والكائن حى بواسطة منشار دقيق Trephine (أعلى الصورة) يدفع بواسطة ثاقب Drill (كهربائى أو يعمل بالبطارية) (الصورة الوسطى) ويحمل الجزء الخاص بجمع العينة (الصورة السفلى) ، كما توضحه الصور التالية .



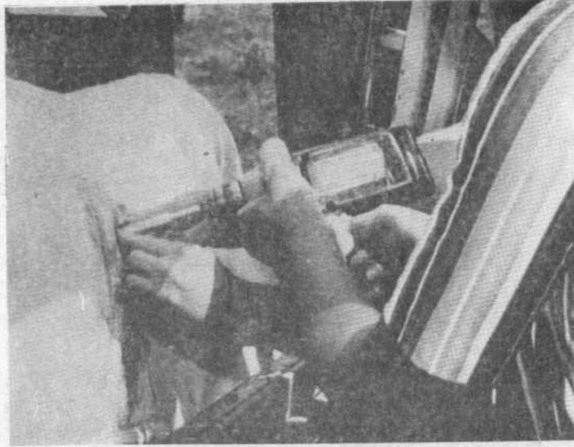


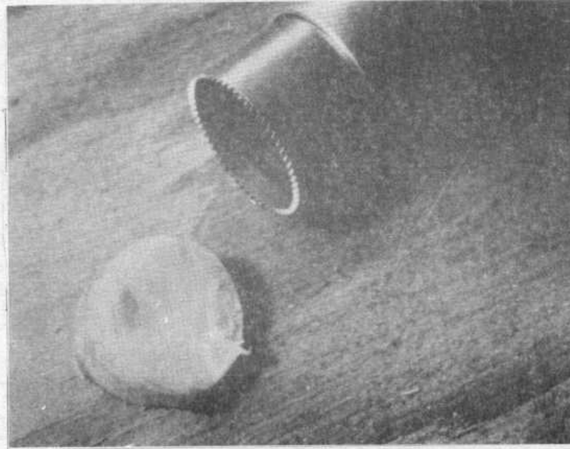
الأدوات المستخدمة فى سحب عينة كبد على الحى .





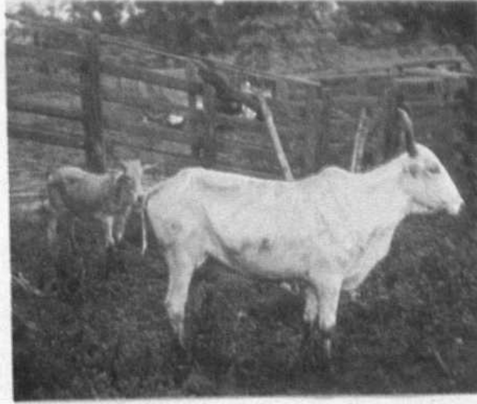
الأدوات المستخدمة فى سحب عينة عظام على الحى .



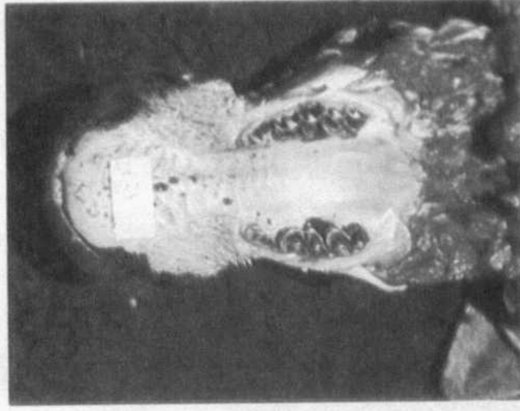


الأدوات المستخدمة فى سحب عينة عظام على الحى .





ماشية تعانى من نقص معدنى فى صورة مرض Wasting Disease (secadera) رغم جودة المراعى ووفرتها يلاحظ الهزال (وقد ينشأ عن إزالة الغدة التيموسية فتؤدى إلى نقص المناعة والنمو والأوديما والإسهال)، ويستجيب بشدة للإمداد بالمعادن .





ماشية تعانى من مرض التهاب جذور الاسنان Periodontal Disease ، ويظهر على اليسار ورم الوجه Swollen face ، وعلى اليمين تماثل الأعراض الشديدية على الفك، وتستجيب الحالة للإمداد بالمعادن .



مرض التدمير Devastating Disease
(Bovine Paraplegic Sydrome)
يستجيب للإمداد بالمعادن



بقرة تعانى من تسمم البوتيوليزم Botulism نتيجة التغذية على العظام (الحيوان من الضعف حتى لايستطيع الوقوف) لنقص الفوسفور.

الفصـل الخامس

تقسيم المعادن

من بين أربعين عنصر معدنى فى البيئة، معروف منها خمسة عشر عنصراً ذات أهمية غذائية وهى الكالسيوم والماغنسيوم والفوسفور، والبوتاسيوم والصوديوم والكلور والكبريت ، والكوبلت والنحاس واليود والحديد، والمنجنيز والموليبدنم والسيلينيوم والزنك ، وإن تواجدت بعضها بتركيزات سامة فى بعض المناطق ، مثل النحاس والفلور والمنجنيز والموليبدنم والسيلينيوم ، إضافة إلى أن هناك عناصر سامة بطبيعتها كالزرنيخ والرصاص والكادميوم والزئبق والألومنيوم ، وهناك عناصر نادرة جديدة تظهر أعراض نقص وهى الفلور والفاناديوم والنيكل والسليلكون والقصدير .

وتنقسم المعادن فى جسم الكائن الحى طبقا لموقعها فى نسيج أو عضو معين ، أو طبقا لتركيزها فى جسم الكائن، أو حسب وظائفها الحيوية كالتالى :

أولا – من حيث توزيع المعادن فى الأنسجة والأعضاء ، فبعضها يختص بعضو معين، والبعض الآخر غير متخصص الوجود فى عضو معين ، كما يلى :

١ – معادن تتواجد فى الأنسجة العظمية Osteotropic . وتشمل

الكالسيوم والماغنسيوم والإسترانشيوم ، والبريليوم والفلور والفاناديوم، والباريوم والتيتانيوم والراديوم ، والرصاص وغيرها .

٢- معادن تتواجد فى النظام الخلوى ، وتشمل الحديد والنحاس والمنجنيز ، والفضة والكروم والنيكل ، والكوبلت وغيرها .

٣- معادن غير متخصصة الوجود فى نسيج معين ، أى تتوزع على الأنسجة دون تخصص ، وتشمل الصوديوم والبوتاسيوم ، والكبريت والكلور، والليثيوم والروبيديم والسيزيم .

وإن كان ذلك من وجه النظر الفسيولوجية تقسيم غير تام ، لأن المعدن الذى يتركز فى العظام مثلا يوجد كذلك فى الأنسجة الطرية، وإن كان بتركيزات منخفضة. علاوة على أنه رغم تركيز عنصر معين فى نسيج معين ، إلا أنه لايوحى بأهميته لهذا النسيج أو العضو ، مثل كثير من العناصر المتركزة فى العظام كالرصاص والباريوم وغيرها، حيث لايبدو أن لها عمل بيولوجى فى الجهاز الهيكلى. وهناك عناصر أخرى لايمكن وضعها تحت أى من المجاميع الثلاثة السابقة، كاليود الذى يتركز فى الغدة الدرقية والمبايض ، والتليوريوم الذى يتركز فى الكلى، والزرنيخ والأنتيمون يتركزان فى كرات الدم الحمراء ، الزنك والكادميوم يتركزان فى البنكرياس والأعضاء التناسلية والعظام. لذلك فإن هذا التقسيم السابق يستخدم من قبل علماء السموم والأشعة أكثر من استخدامه من قبل علماء الفسيولوجى .

ثانيا : من حيث تركيز المعادن فى الكائن الحى ، تنقسم المعادن

إلى ثلاث مجاميع أيضا هى :

١– عناصر كبيرة Macroelements ، وتتواجد بكم كبير فى الجسم (٠,٠١ – ٩,٠٠ ٪) .

٢– عناصر دقيقة Microelements ، وتتواجد بكم متوسط فى الجسم (٠,٠٠٠٠١ – ٠,٠٠٩ ٪) .

٣– عناصر نادرة Traceelements ، وتتواجد بكم ضئيل جدا فى الجسم (٠,٠٠٠٠٠١ – ٠,٠٠٠٠٠٩ ٪) .

التقسيم	المعـــادن	التركيز ٪ من وزن الجسم	المحتوى
عناصر كبيرة	كالسيوم .	١ – ٩	١٠
	فوسفور – بوتاسيوم –صوديوم –كبريت – كلور .	٠,١ – ٠,٩	$١٠^{-١}$
	ماغنسيوم .	٠,٠١ – ٠,٠٩	$١٠^{-٢}$
عناصر دقيقة	حديد – زنك – فلور– سترانشيوم –موليبدنم –نحاس .	٠,٠٠١ –٠,٠٠٩	$١٠^{-٣}$
	سليكون – سيزيم – يود – منجنيز – الومنيوم – رصاص .	٠,٠٠٠١–٠,٠٠٠٩	$١٠^{-٤}$
	كادميوم – بورون .	٠,٠٠٠٠١–٠,٠٠٠٠٩	$١٠^{-٥}$
عناصر نادرة	سيلينيوم – كوبلت – فاناديوم – كروم – زرنيخ – نيكل – ليثيوم – باريوم – تيتانيوم – فضة – قصدير – زئبق .	٠,٠٠٠٠٠١ – ٠,٠٠٠٠٠٩	$١٠^{-٦}$ وأقل

إلا أن هذا التقسيم كذلك لايجيب على دور كل معدن فى الكائن الحى، ويختلف محتوى المعادن باختلاف العادات وطريقة التغذية ونوع الكائن الحى .

ثالثا : وتنقسم المعادن من حيث وظائفها البيولوجية كذلك إلى ثلاث مجاميع، (وهذا التقسيم هو الأهم لرجال الفسيولوجى والكيمياء الحيوية والتغذية) :

١- معادن أساسية أو ضرورية Essential elements وهى حيوية Biogenic .

٢- معادن احتمال أن تكون ضرورية تحت ظروف معينة .

٣- معادن مجهولة الوظيفة ، أو وظيفتها غير معلومة تماما .

عناصر ضرورية	عناصر قد تكون ضرورية	عناصر غير محددة الوظائف
كالسيوم - فوسفور - بوتاسيوم - كلور - صوديوم - زنك - موليبدنم - سيلينيوم - كبريت - ماغنسيوم - حديد - نحاس - كوبلت - منجنيز - يود.	فلور - سليكون - تيتانيم - فاناديوم - كروم - نيكل - زرنيخ - بروم - سترانشيوم - كادميوم.	ليثيوم - بريليوم - بورون - سكانديم - المونيوم - روبيديوم - زركونيوم - فضة - رصاص - أنتيمون - سيزيم - باريوم - زئبق - قصدير - بزموث - راديوم - ثوريوم - يورانيوم .

والمعادن الضرورية تتضمن العناصر الكبيرة وبعض العناصر الدقيقة والنادرة، وهذا يؤكد أن التركيز لايعطى مؤشر عن الدور البيولوجى للمعدن. ويعتبر المعدن ضرورى إذا توفر فيه الشروط التالية :

١- يوجد بتركيزات متماثلة غير مختلفة فى كل أفراد النوع الواحد من الكائنات الحية .

٢- إذا كان محتواه فى الأنسجة المختلفة يتبع نفس الترتيب .

٣- إذا غذى الكائن الحى على غذاء مخلق خالى من هذا العنصر ، ظهرت عليه أعراض نقصه ، بتغير الكيمياء الحيوية فى الأنسجة .

٤- إذا أمكن التغلب على أعراض نقصه هذه بإضافة هذا العنصر للغذاء .

والعناصر الضرورية كما ذكر سابقا عددها خمسة عشر عنصرا ، منها تسع كاتيونات (كالسيوم - ماغنسيوم - صوديوم - بوتاسيوم - منجنيز - زنك - حديد - نحاس - كوبلت) ، وست أنيونات (كلور - يود - فوسفات - كبريتات - موليبدات - سلينات) .

ومن جهة أخرى يمكن تقسيم هذه العناصر بوجه عام على النحو التالى :

١- عناصر كبرى ، تتطلب كنسب مئوية فى الغذاء ، مثل الكالسيوم والفوسفور والكلور والبوتاسيوم والصوديوم .

٢- عناصر متوسطة ، تتطلب كأجزاء فى الألف (أو فى ١٠ آلاف) فى الغذاء ، ومنها الحديد والماغنسيوم والمنجنيز والسيليكون والكبريت والزنك .

٣- عناصر دقيقة ، تتطلب كأجزء فى المليون فى الغذاء ، وتضم الكوبلت والكروم والنحاس والفلور واليود والموليبدنم والسيلينيوم والفاناديوم .

٤- معادن توجد فى الأنسجة ، ولايعرف لها ضرورة أو حاجة ، وينتمى إليها الألومنيوم والزرنيخ والبورون والبروم والكادميوم والرصاص والنيكل والروبيديم وسترانشيم وتيتانيم .

وزيادة عناصر المجموعتين الأخيرتين تكون سامة ، بدرجة تتوقف على قدرة التحمل لها ، والتى تختلف باختلاف الكائنات الحية وأعمارها وحالتها (غذائية - فسيولوجية - صحية) . ويصور الجدول التالى مدى اختلاف تحمل الكتاكيت للعناصر المختلفة .

العنصـــــر	الاحتياجات الغذائية جزء / مليون	المستوى التحمل جزء / مليون	المستوى السام جزء / مليون
عناصر منخفضة التحمل			
كادميوم	-	٠,٥	٥
عناصر متوسطة التحمل			
فاناديوم	٣	١٥	١٢٠
زرنيخ	-	١٠	١٠٠
كوبلت	٠,١	٦	٣٠
رصاص	-	١٥	٦٠
زئبق	-	٥	٢٠
موليبدنم	٠,٢٤	٥	١٠٠
سيلينيوم	٠,١	٤	١٠
عناصر مرتفعة التحمل			
كروم	٠,١	١٠٠	-
نحاس	٤	٢٥٠	٥٠٠
فلور	١	٣٠٠	٩٠٠
يود	٠,٣٥	١٠٠	٢٥٠
حديد	٨٠	١٦٠٠	٢٤٠٠
منجنيز	٥٥	٦٠٠	٣٦٠٠
نيكل	٠,٠٠٦	٦٠	٦٠٠
زنك	٥٠	١٠٠٠	٢٠٠٠

فالعناصر النادرة هى التى تتواجد فى الكائنات الحية بمتوسط تركيز لايزيد عن ٥٠ مجم / كجم وزن جسم (وإن زاد الحديد عن هذا المتوسط ، لكنه ينتمى للعناصر النادرة من حيث وظائفه وأهميته) ، والبعض يجد فى تسميتها بالعناصر الصغرى تقليلا من أهميتها . وهى متعددة بالجسم ، لكن القليل منها ضرورى للجسم ، وهذه المجموعة الأساسية منها تضم الكروم والحديد والفلور والكوبلت واليود والنحاس والمنجنيز والموليبدنم والنيكل والسيلينيوم والسليكون والفاناديوم والقصدير والزنك . كما يعد الباريوم والرصاص والبروم وسترانشيوم كذلك من المعادن النادرة حسب المعرفة الحديثة ، إذ قد يمكنها القيام بوظائف أو التأثير على النمو . ومن المعادن النادرة الأخرى مالم يعرف له عملا فسيولوجيا ، فهى إما وجدت بالصدفة أو تمر مع غيرها من العناصر بالجسم مع الغذاء ، مثل الألومنيوم والبورون . وتشكل مجموعة العناصر النادرة غالبا أقل من ١ ٪ من جملة العناصر الموجودة بالكائن الحى ، حيوان كان أو نبات ، ورغم ضآلة كميتها ، فإنها أساسية وبالغة الأهمية للكائنات ، لكونها منشطات للإنزيمات أو أجزاء من الإنزيمات اللازمة لاستمرار تفاعلات الميتابوليزم .

وعموما قد تنقسم العناصر النادرة الى المجاميع التالية :

١- عناصر ضرورية غذائيا : كوبلت - نحاس - حديد - يود - منجنيز - زنك .

٢- عناصر غير غذائية : المونيوم - بورون - كروم - نيكل -

قصدير .

٣- عناصر ضارة : زرنيخ - أنتيمون - كادميوم - فلور - رصاص - زئبق - سيلينيوم (حتى بمحتوى غذائى أقل من ١٠ - ٥٠ جزء / مليون) .

وقد تنشأ هذه العناصر الضارة من التلوث الغذائى ، كما فى معيشة السمك فى ماء صرف، ومن رش وتعفير المحاصيل الزراعية بالمبيدات ، ومن استخدام كيماويات غير نقية فى التصنيع الغذائى ، كاستخدام الواح صفيح (قصدير) والومنيوم ، وقصدير اللحام ، والحديد للجلفن والزجاج والسيراميك الرخيص . ولقد كان قديما مصدر التلوث بالزرنيخ فى الأغذية ناشىء من استخدام حمض كبريتيك غير نقى فى تصنيع السكر ، وحمض السيتريك وحمض الطرطريك وحمض الفوسفوريك وأملاحها ، والخميرة .

الباب الثانى
العناصر المعدنية الكبرى

MACROELEMENTS

(Major or macrominerals)

الفصل الأول

الكالسـيوم (Ca) CALCIUM

عنصر معدنى ضرورى للنشاط السليم لكل الخلايا ، فهو مسئول عن انقباض العضلات ، بما فيها عضلة القلب ، لازم لتجلط الدم وتخثر اللبن، ولفعل بعض الإنزيمات ، كما يدخل فى تركيب عظام الجسم . وهو من القلويات التى توجد فى رماد الجسم مع الفوسفور بنسبة تزيد عن ٧٠٪ (لهما معا) . ويحتوى الدم على ٩ - ١٢ مجم / ١٠٠ مل (وفى نقصه عن ٥ مجم / ١٠٠ مل يظهر الكساح والرعشة وزيادته تفسد عمل العضلات) نصفها فى صورة حرة متأينة تنفذ من الأغشية وتساعد فى تكوين الجلطة .

وجـوده :

يوجد الكالسيوم فى التربة الزراعية فى صورة كربونات كالسيوم وسيليكات كالسيوم ، وفى أوراق وسوق النباتات يوجد بكثرة ، كما يوجد فى العظام والأسنان فى صورة فوسفات كالسيوم وكربونات كالسيوم ، وفى الأسنان كذلك كفلوريد كالسيوم. ويوجد فى الدم فى صورة متأينة (فوسفات وبيكربونات) بنسبة ٦٠٪ من كالسيوم الدم، أو يوجد متحدا مع البروتين بنسبة ٤٠٪ من كالسيوم الدم. يوجد ١٪ من الكالسيوم موزع فى أنسجة الجسم الرخوة معظمها فى السيرم. وينظم هرمون الباراثيرويد (جارات الدرقية) مستوى كالسيوم السيرم، بتأثيره

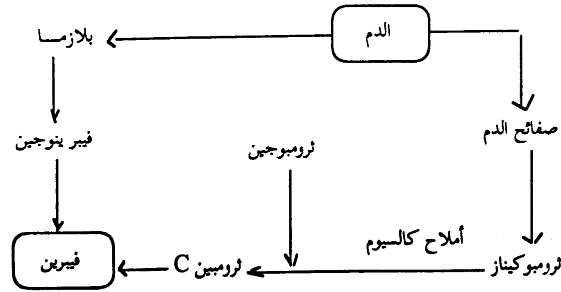
على انتقال وسحب كالسيوم العظام ، فيؤدى انخفاض مستوى هذا الهرمون إلى انخفاض كالسيوم السيرم. ومن المواد الغنية بالكالسيوم اللبن والجبن والبيض والسمك (إذ تحتوى عضلات الأسماك الجافة على ٥ - ٩ جم كالسيوم / كجم)، والبروتين الحيوانى والبقول والعظام والمحار ، والحجر الجيرى وفوسفات الكالسيوم، والمراعى النجيلية ودريس وتبن البقول ، وأكساب السمسم والقطن والبرسيم والمولاس ، بينما المواد الفقيرة فى الكالسيوم هى حبوب النجيليات وأتبانها، والجذور والدرنات والنخالة وشرش الجبن وخض الزبد ، والمولاس وتفل البيرة. وتحتوى العظام الحية على ١٥ - ٤٠٪ كالسيوم ، بينما يحتوى رماد العظام على حوالى ٨٥٪ فوسفات كالسيوم ثلاثية، ١٠٪ كربونات كالسيوم ، ٣٦٪ كالسيوم .

وظيفتــه :

بجانب دخوله فى تكوين العظام والأسنان (فى صورة فوسفات كالسيوم) ، فيؤثر على وظائف الأعصاب (تشنجات) ، وانقباضات العضلات ، وتجلط الدم (بتنشيطه للثرمبوكيناز) ، ونفاذية الأغشية الخلوية ، وأساسى لإنتاج اللبن . ويؤثر الكالسيوم على الجهد الكهربى (التأثير العكسى للصوديوم والبوتاسيوم) لأغشية خلايا العضلات والقلب (ضرورى لإنتظام ضربات القلب) ، فيزيد نشاط العضلات الهيكلية وعضلة القلب ، أى يكون الجسم فى حالة نشاط عضلى دائم عندما يقع تحت تأثير ضغوط بيئية ، نتيجة زيادة إنتاج الكاتيكولامينات

فى نخاع الغدة الكظرية، كما أن أيونات الكالسيوم تتحكم فى إفراز الأسيتيل كولين عند أطراف الأعصاب ، وهذا الأسيتيل كولين يحمل ومضات الأعصاب للأعضاء الوظيفية كالعضلات، فتؤدى الى زيادة نشاطها نتيجة الضغوط البيئية. والكالسيوم لازم لحفظ اتزان الحموضة / القلوية وميزان الماء فى الجسم علاوة على أن أيونات الكالسيوم بينها وبين أيونات الماغنسيوم علاقة تضاد . فمن أهم وظائف الكالسيوم :

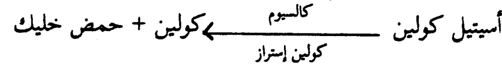
١- تجلط الدم بفعل إنزيم ثرومبوكيناز (الموجود فى خلايا الدم خاصة فى صفائح الدم أو الثرومبين) فى وجود الكالسيوم، فيتحول الثرومبوجين فى البلازما (يوجد البروثرومبين فى الدم كمادة أولية لإنزيم التجلط ثرومبين ، ومن المهم لبناء البروثرومبين من تواجد فيتامين K) إلى انزيم تجلط حقيقى ثرومبين C ، فيؤدى الثرومبين إلى تحويل الفيبرينوجين (الموجود فى بلازما الدم والمحتوى على جسم بروتينى) إلى فيبرين (بروتين الجلطة والمكون من خيوط على هيئة شبكة ألياف دموية) .

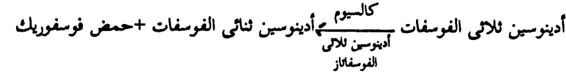


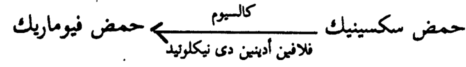
ويلزم ٥ مجم كالسيوم لتجلط ١٠٠ مل دم .

٢- تخثر اللبن يتم بواسطة إنزيم الرينين فى وجود كفاية من أملاح الكالسيوم، فإذا ما رسبت أملاح الكالسيوم بإضافة أكسالات بوتاسيوم (كمانع تجلط أو تجبن أو تخثر) فإن إنزيم الرينين لايسبب فصل الكازين .

٣- يتم تنشيط بعض الإنزيمات بوجود الكالسيوم ، ومنها الكولين إستراز ، أدينوسين ثلاثى الفوسفاتاز ، سكسينيك دى هيدروجيناز:







٤- فى تكوين العظام ، فإن الخلايا المكونة للعظم Osteoblasts تحتوى على إنزيم الفوسفاتاز القاعدى الذى يعمل على تحليل إسترات حمض الفوسفوريك للكالسيوم (كالسيوم غير متأين) منتجا فوسفات

الكالسيوم اللازمة لتكوين العظام . وعقب هذا التحويل فى الأرضية العضوية تحدث المعدنة Mineralization ، وتتكون بلورات العظم داخل المادة اللاصقة Cement ، وهذا التركيب أو التخزين متحرك وليس ثابت ، إذ يسحب وقت الحاجة إليه . ويؤدى انخفاض كالسيوم الغذاء إلى خفض كمية العظم القشرى (سطحى) Cortical bone .

إمتصاصه :

يمتص الكالسيوم أساسا من الجزء الطرفى للأمعاء الدقيقة (المعدى المعوى) بطريقة الإنتشار ، وإن كان يمتص منه كذلك جزء فى المعدة . ويجب أن يكون فى صورة محلول ، ولكونه غير سهل الذوبان فى المحاليل المتعادلة والقلوية، فإنه يمتص فى الجزء العلوى من الأمعاء الدقيقة لحموضة وسطه، وعموما فإن كالسيوم اللبن يستفاد منه أكثر من كالسيوم الخضروات ، وبعض كالسيوم الخضروات فى صورة غير قابلة للإمتصاص (أكسالات ، فيتات) ، إذ أن وجود أحماض كالبنزويك أو الأوكساليك (كما فى السبانخ والفواكه) تقلل امتصاص الكالسيوم (والماغنسيوم) لتكوينها أملاحا غير ذائبة فلاتمتص . وفيما يلى بعض العوامل المؤثرة على الإمتصاص :

١ – ارتفاع نسبة الفوسفور : الكالسيوم (أو الماغنسيوم) تقلل الإمتصاص ، لأن الفوسفات (للكالسيوم والماغنسيوم) أقل ذوبانا فى وجود زيادة من أيونات الفوسفات . ونسبة الكالسيوم إلى الفوسفور المثالية هى ٢ :١ ، فهى تسمح بامتصاص مناسب ، وهذه النسبة تماثل

نسبة وجودهما فى العظام فلا ينبغى انخفاضها عن ١ :١ أو زيادتها عن ١:٧ .

٢- يوجد الفوسفور فى الحبوب الكاملة - غالبا - فى صورة فيتين ، والذى يكون معقد مع الكالسيوم (والماغنسيوم) غير ذائب ، فالفيتات والأوكسالات لاتمتص .

٣- وجود الدهون والزيوت مع الكالسيوم فى الغذاء تعطى مركبات (صابون كلسى من الكالسيوم والأحماض الدهنية غير المأسترة)غير قابلة للذوبان ولا للإمتصاص ، فينخفض كالسيوم العظام ، فالزيوت والدهون تخفض من احتجاز الكالسيوم ومن تكلس العظام .

٤- زيادة مستوى فيتامين D تزيد امتصاص الكالسيوم فى الأجزاء الخلفية من القناة الهضمية ، وذلك لزيادته للحموضة مما يزيد من ذوبان الكالسيوم من مركباته . ويزيد كالسيوم العظام لزيادة المحتجز من الكالسيوم فى الجسم . ونقص كالسيوم الدم ينبه إفراز هرمون جارات الدرقية فيزيد انتاج هيدروكسى فيتامين D_3 فى الكلى فيزيد امتصاص الكالسيوم .

٥- زيادة بروتين الغذاء تزيد معدل امتصاص الكالسيوم ، وكذلك زيادة كل من لاكتوز الغذاء ، وحموضة المعدة ، فكلها تؤدى لوسط حامضى يسهل ذوبان وامتصاص الكالسيوم ، بينما العكس مع زيادة ألياف الغذاء ينخفض امتصاص الكالسيوم .

٦- بزيادة إفراز هرمونات غدد جارات الدرقية يزيد تركيز كالسيوم

الدم فتزيد كمية أيونات الكالسيوم الحرة فى الدم ، بينما نقص إفراز هذه الهرمونات يخفض من مستوى كالسيوم الدم، فيؤدى إلى رعشة وتشنجات عصبية .

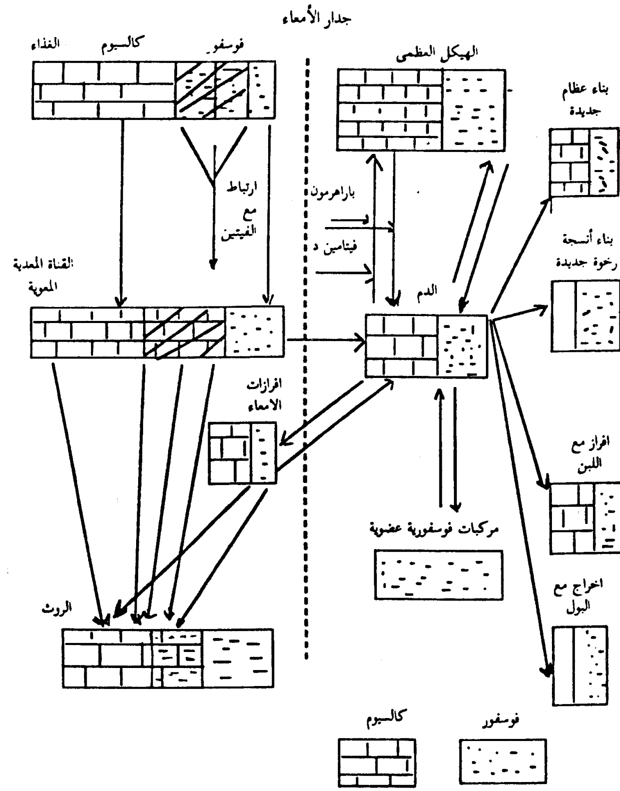
٧- زيادة الماغنسيوم فى الغذاء تخفض من امتصاص الكالسيوم .

٨- وجود المضادات الحيوية (كالتتراسيكلين) مع كالسيوم اللبن تكون معقدات تعوق امتصاص كل من الكالسيوم والمضادات الحيوية .

تخزينه وإخراجه :

يخزن الكالسيوم بنسبة ٩٨ - ٩٩٪ فى العظام ، ويوجد ارتباط موجب بين الكالسيوم والماغنسيوم فى العظام وكذلك فى السيرم ، كما يوجد ارتباط سالب بين كالسيوم وبوتاسيوم العظام .

ويخرج الكالسيوم أساسا فى الروث ولحد قليل فى البول والعرق ، فيخرج فى الروث يوميا ٢٠٠ - ٨٠٠ مجم كالسيوم غير ممتص من الغذاء ، ٥٠ - ٢٠٠ مجم فى البول ككالسيوم غير متأين لاتستطيع الأنابيب الكلوية امتصاصه ،أما الكالسيوم المتأين فتعيد الكلية امتصاصه، ويخرج فى العرق حوالى ١٥ مجم يوميا قد تزيد إلى ١٠٠ مجم / ساعة فى حالة غزارة العرق. وتؤدى الأغذية الحامضية إلى خفض PH الدم ، وترفع من نسبة الكالسيوم فى البول وتخفضه فى الروث ، بينما الأغذية القلوية تحدث العكس ، لأن الأغذية الحامضية تكثر من الشحنات الموجبة (H^+) ، والتى يتبعها إخراج كاتيونات موجبة



تصور للتمثيل الغذائي للكالسيوم والفوسفور

(Ca^{++} , P^{+++}) فى الدم ثم فى البول يتبعها قلة فى الروث . وقد تساهم الكلى فى ميتابوليزم الكالسيوم (والفوسفور) مما يوجد ارتباط معنوى بين المستهلك والخارج فى البول (فى بعض الكائنات)، كما قد تساهم الكلية كذلك فى تنظيم امتصاص الأمعاء وإفرازها للعنصرين ، فى كائنات دون الأخرى . ويتوقف ميزان الكالسيوم على المستهلك منه، والمحتجز فى المشيمة والنمو الجنينى ، ونمو الهيكل العظمى ، وانتاج اللبن والبيض ، وكذلك على الخارج فى الروث والبول (والعرق) .

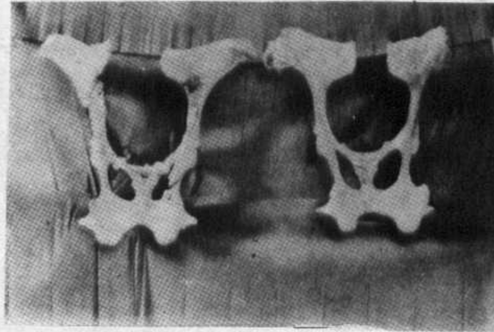
الاحتياجات :

تبلغ احتياجات الفرد فى اليوم ٠,٧ - ٢ جم ، أعلى نسبة فى سن ٩ - ١٦ سنة ، وبعد الشهر الثالث من الحمل وأثناء الرضاعة، لمواجهة احتياجات النمو الهيكلى (سواء للطفولة وأثناء المراهقة ، أو لنمو الهيكلى للأجنة) ، أو لتغطية احتياجات انتاج اللبن . وغنى المياه بالكالسيوم (العسر) يقلل من أمراض الأوعية الدموية والقلب والذبحة الصدرية. فتتأثر الإحتياجات من الكالسيوم بسرعة النمو،وحالة الحمل، وكمية إدرار اللبن ، ومستوى طاقة الغذاء ، فزيادة معدل النمو وتقدم حالة الحمل وزيادة إفراز اللبن أو إنتاج البيض ، كلها تستلزم زيادة المقررات الغذائية من الكالسيوم ، فالماشية مثلا تتطلب ١٣- ٣٩ جم / يوم (٠,٢٢ -٠,٥٦٪ من المادة الجافة) حسب وزن الجسم وحالة الحمل وانتاج اللبن . وقد تحسب حاجة ماشية اللبن للكالسيوم بالجرام

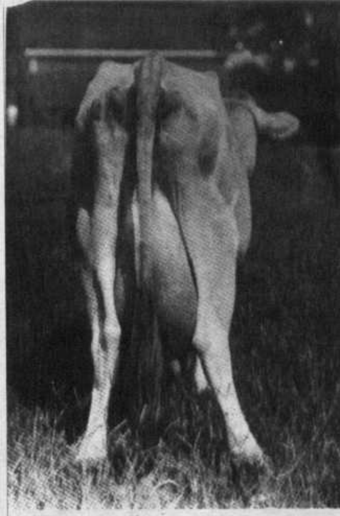
/ يوم = (كمية اللبن المنتج كجم × ٢,٥) + (المادة الجافة المأكولة كجم × ٢) ، على اعتبار أن معامل الإستفادة من الكالسيوم ٥٠ ٪ . ويتطلب الدجاج النامى ٠,٩ - ١,٥ ٪ من العليقة كالسيوم . وتبلغ احتياجات الكلاب من الكالسيوم ١٠ - ١٢ جم / كجم عليقة (حسب مرحلة العمر والحمل والرضاعة) ، أو ١٠٠ - ٤٨٠ مجم / كجم وزن حى ، وتبلغ نسبة هضم الكالسيوم الظاهرية للكلاب ٢٥ - ٩٠ ٪ أثناء النمو وصفر - ٥٠ ٪ لتامة النمو . وتنخفض معدلات هضم الكالسيوم الظاهرية بزيادة محتوى العليقة من الكالسيوم .

نقصه وزيادته :

يؤدى نقص الكالسيوم إلى وقف النمو ، وانخفاض إنتاج اللبن ، كساح ، لين عظام، تشنجات ، وقد تنشأ حالة نقصه Calcium deficiency من الصيام الشديد ، أو الإجهاد فى العمل ، أو لارتفاع انتاج اللبن أو البيض ، أو لعدم كفاية الغذاء فى محتواه من الكالسيوم ، أو لكثرة الحبوب فى العليقة فيقل محتواها من الكالسيوم .



كسر العظام الحرقفية Hipbones لبقرة نتيجة نقص كالسيوم العليقة واستنزاف مخزون الكالسيوم من هيكلها العظمى لدرجة سهولة كسر عظامها



كسر العظام الحرقفية Hipbones لبقرة نتيجة نقص كالسيوم العليقة واستنزاف مخزون الكالسيوم من هيكلها العظمى لدرجة سهولة كسر عظامها



بقرة تعانى من نقص الكالسيوم (والبروتين) لتغذيتها على عليقة جافة فولدت عجلاً أعمى العينين .



من أعراض نقص الكالسيوم (والفوسفور)
تقوس القوائم وتضخم المفاصل ،
مما يشير لحدوث حالة كساح أو لين عظام مبكرة .

ويؤدى انخفاض مستوى كالسيوم الدم إلى إثارة الأعصاب والعضلات، وشدة انخفاضه تؤدى الى الرعشة ، وذلك لانخفاض PH الدم لانخفاض تركيز العناصر القلوية ، فتنشأ حالة حموضة Acidosis لانسحاب مزيد من الكالسيوم من تيار الدم ، كما فى حالة تكوين لبن. ورغم ندرة حدوث أعراض نقص الكالسيوم ، إلا إذا كانت التربة تعانى نقصا فى الكالسيوم ، فإن هذا النقص يضعف النمو ، وتشذ الأسنان ، ويحدث كساح للصغار ، ولين عظام للأفراد البالغة ، وقد يؤدى النقص إلى وفاة الصغار ، كما يسبب النقص حمى اللبن (Calcium) tetany Milk فى الماشية عالية الإدرار ومرتفعة دهن اللبن، قبل أو أثناء أو بعد الولادة (خلال أول ثلاث أيام) الثالثة غالبا، فتمتنع الماشية عن الأكل والإجترار، وتتأرجح مع تقلص عضلاتها، والتواء الرأس إلى الخصر ، وجفاف الفم ، ورقاد ثم إغماء ونفاخ وقيىء ثم الوفاة . وتتم الوقاية من حمى اللبن بتشجيع هرمون الباراثيرويد بخفض مستوى كالسيوم العليقة قبل الولادة ، أو بزيادة فيتامين D ٥ – ٧ أيام قبل الولادة ، بينما يتم العلاج بالحقن بمحلول بوروجليكونات الكالسيوم (١٤٠ جم/لتر) . ويؤدى خفض الكالسيوم (والفوسفور) فى الغذاء إلى خفض معدلات الهضم ، وخفض تركيز الكالسيوم فى العظام والكلى ، وخفض نسبة الرماد فى العظام. وقد تؤدى زيادة فوسفور الغذاء غالبا إلى ظهور أعراض نقص الكالسيوم (وفيتامين D) مما يظهر حالة مرضية من سوء تغذية العظام Clinical osteodystrophy ينسحب فيها مخزون العظام لفترة طويلة ، فتتميز العظام عندئذ بالمسامية أو الغربالية أو النخورة

Osteoporosis أو الهشاشة .

بينما زيادة كالسيوم الغذاء تزيد كالسيوم الدم (وتخفض فوسفور الدم)، وتخفض من حجم ووظيفة غدد جارات الدرقية، وتزيد كثافة العظام، لكن زيادة الكالسيوم فى الغذاء مع زيادة الفوسفور تخفض من حدة زيادة كالسيوم الدم Hypercalcaemia وانخفاض فوسفات الدم Hypophosphataemia وحدوث أضرار الكلى . كما قد تؤدى زيادة الكالسيوم إلى ظهور أعراض نقص الزنك (تقرن ، التهاب الوتر) والنحاس (تقرن) والمنجنيز والحديد ، وكذلك الرعشة ، وخفض استهلاك العلف وصلابة الروث،وأكل لحوم البعض Cannibalism ، وتأثير مهدىء كاذب Pseudotranquilizing ، واضطرابات عظمية ، ونقص النمو ، خفض الاستفادة من الفوسفور . وأقصى نسبة محتملة من الكالسيوم هى ٢ ٪ من المادة الجافة فى الغذاء للماشية والأغنام .

الفصل الثانى

الفوسـفور (PHOSPHOROUS (P

من العناصر المعدنية الأساسية ، والذى يرتبط بالكالسيوم عادة فى ميتابوليزمة ، ويزيد المستهلك منه عادة عن الكالسيوم ، إلا فى حالة الرضع لأن غذاءهم لبن . وهو ضرورى لبناء الهيكل العظمى ، علاوة على أهميته فى الميتابوليزم عامة .

وجـوده :

يوجد فى الطبيعة فى صورة فوسفات للمعادن القلوية (كالصوديوم والبوتاسيوم) وهى أملاح حمض الأورثوفوسفوريك ، أوفوسفات للقلويات الأرضية (كالسيوم ، باريوم ، سترانشيوم) ، أو فى صورة عضوية فى الفوسفوليبيدات والأحماض النووية ، والبروتينات الفوسفورية Phosphoproteins ، وفوسفات سكريات سداسية ، فوسفات ثيامين ، فوسفات كرياتين ، فيتين . كما يوجد فى عظام الحيوانات (٨٦٪ من فوسفور الجسم) فى صورة فوسفات كالسيوم ، وفى العضلات (١٠٪ من فوسفور الجسم)، وفى الجهاز العصبى (١٪) ، وفى الأنسجة اللينة بالجسم (٠,٢٪) ، وفى الدم (٣٥ -٤٠مجم / ١٠٠ مل ، والفوسفور المعدنى فى البلازما (المهم غذائيا) يبلغ ٤ - ٩ مجم / ١٠٠ مل ، وفيتامين B_1 ، B_2 عبارة عن مركبات لحمض الفوسفوريك . من المصادر الغنية بالفوسفور : الحبوب،

الردة ، اللبن الخض ، البيض ، اللحم ، العظام ، البرسيم ، الدريس ، الرجيع . وتحتوى العضلات الجافة للسمك على ٠,٦ - ١,٥ جم / كجم فوسفور .

وظيفته :

للفوسفور وظائف عديدة من بينها :

١- دخوله فى تركيب العظام والأسنان والأنسجة الرخوة، فهو لازم لسلامتها.

٢- يدخل فى تركيب المركبات الغنية بالطاقة كثلاثى فوسفات الأدينوسين ATP ، فوسفات الكرياتين ، وذلك فى التفاعلات الميتابوليزمية فى الجسم .

٣- تكوين المركبات الحيوية الهامة مثل الفوسفوليبيدات فى جدر الخلايا والأنسجة العصبية، والضرورية لنفاذية الخلايا ولتكوين الخلايا العصبية .

٤- يلعب دورا فى تنظيم درجة الحموضة للدم من خلال أملاح الفوسفات .

٥- ضرورى لتخليق الأحماض النووية DNA و RNA الهامة وراثيا ، ولتخليق البروتين .

٦- يدخل فى تركيب المرافقات الإنزيمية، وفى تركيب الروابط الإستيرية فى ميتابوليزم الكربوهيدرات فهو ضرورى للإستفادة من طاقة

الغذاء .

٧- ينظم كـمـيـة أيونات الكالسـيـوم فى الدم ، وله دور فى ميتابوليزم الدهون والبروتينات .

٨- يساهم فى القدرة التوازنية لسوائل الجسم والخلايا .

٩- يكون مع الكالسيوم ٧٠٪ من رماد الجسم الكلى .

امتصاصه :

يرتبط امتصاص الفوسفور بامتصاص الكالسيوم (وإن كان أكثر امتصاصا من الكالسيوم والماغنسيوم) ، فيؤثر عليه نفس العوامل المؤثرة على امتصاص الكالسيوم . وينظم مستواه فى الدم كل من فيتـامين D (الذى يعيد امتصاصه من الكلى) وهرمون البارائيرويد . ويتحسن الإمتصاص بنقص قلوية الأمعاء ، وبوجود فيتامين D ، بينمـا يقل الإمتصاص بزيادة الكالسيوم والماغنسيوم (لتكوينه أملاح فوسفات غير ذائبة) . ويمتص عادة فى الأمعاء الدقيقة (فى الجزء السفلى منها) . ومن الصعب تقدير الممتص منه وذلك لإعادة إفرازه جزئيا من الأمعاء الغليظة . ويتوقف امتصاص الفوسفور عموما على :

١- شكل الفوسفور المهضوم.

٢- درجة حموضة القناة الهضمية، فزيادة الوسط الحامضى تمنع تكوين فوسفات ثلاثى الكالسيوم غير الذائبة ، وغير القابلة للإمتصاص .

٣- وجود وفرة من الحديد ، والألومنيوم ، والماغنسيوم تكون فوسفات غير قابلة للذوبان .

٤- نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور ، فزيادة كالسيوم الغذاء عن الفوسفور وعدم امتصاصه فى الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة، يؤدى الى اتحاد الكالسيوم الحر مع الفوسفور مكونا فوسفات ثلاثى كالسيوم ، كما أن زيادة الفوسفور عن الكالسيوم تقلل امتصاص كل منهما .

٥- نقص فيتامين D يؤدى الى الكساح ، لتأثيره على تنظيم درجة حموضة القناة الهضمية، فيعوق امتصاص الكالسيوم والفوسفور .

٦- فيتامين K يعوق امتصاص الفوسفور .

٧- ينبغى ألا تنخفض نسبة الكالسيوم : الفوسفور عن ١ : ١ ولاتزيد عن ٧:١ .

الإستفادة من الفوسفور المعدنى أعلى من الفوسفور العضوى ، ورغم غنى الحبوب عامة ومنتجاتها الجانبية بالفوسفور، إلا أن فوسفور النباتات معظمة فى صورة مرتبطة ،يطلق عليها الفيتين Phytin أو حمض الفيتيك Phytic acid ، الذى يتكون فى الأنسجة النباتية باتحاد ستة جزيئات من حمض الفوسفوريك مع جزىء من سادس هيدروكسى هكسان حلقى Hexahydroxycyclohexane (المعروف بالإينوسيتول Inositol ، أحد مكونات فيتامينات B المركبة). كما يرتبط حمض الفيتيك كذلك بعناصر أخرى ، وعند تحلله فى وجود إنزيم الفيتاز Phytase ، أو الأحماض المخففة ، ينطلق فيتامين

الإينوسيتول والعناصر المعدنية . والفيتات لاتذوب فى الماء ولايستفيد الجسم من محتواها المعدنى لعدم امتصاصها (لارتباط العناصر المختلفة من كالسيوم وماغنسيوم وفوسفور وحديد وزنك) ، إلا أن الحيوانات المجترة يمكنها الإستفادة من الفيتين ، وكذلك وفرة فيتامين D تحسن الإستفادة من فوسفور الفيتين فى الفئرات والدجاج والكلاب وفى الإنسان كذلك ، خاصة بزيادة نشاط إنزيم الفيتاز واعتدال نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور، لذلك لرفع الاستفادة من فوسفور الفول المدمس ، ينبغى تناول مصدر غنى بالكالسيوم (لبن ومنتجاته كرات ، جرجير ، بقدونس ، موالح ، بلح) معه .

تخزينه وإخراجه :

يخزن الفوسفور بنسبة ١٧ ٪ من رماد العظام ، إذ يكون فى العظام بنسبة ٢ : ١ كالسيوم : فوسفور ، وغالبا ما يستخدم محتوى رماد العظام من الفوسفور كدلالة على الحالة الغذائية وطبيعة الغذاء . وفوسفور وكالسيوم العظام فى حالة ديناميكية مستمرة التبادل مع الدم، وحوالى ١ ٪ من هذين العنصرين تتبدل يوميا ، وأغلب النشاط فى منطقة العظام الأسفنجية. وتخزين الفوسفور يرتبط بإنزيم الفوسفاتاز وفيتامين D . إذ تتكون العظام بتجميع ٣ جزيئات فوسفات كالسيوم ثنائى لتكوين جزىء فوسفات ثلاثى الكالسيوم ، تاركة جزىء حمض فوسفوريك ، ثم يضاف لفوسفات ثلاثى الكالسيوم، غير الثابتة ، بعض أيونات الكربونات أو الحديد أو الهيدروكسيل لإكمال بناء الأباتيت الأكثر

إتزانا والأقل ذوبانا .

ويشكل الفوسفور ٠,١٥ - ٠,٢٠ ٪ من الأنسجة الرخوة بالجسم ، أى أن ٢٠ - ٢٥ ٪ من فوسفور الجسم فى الأنسجة الرخوة (بينما الكالسيوم يوجد بنسبة ١ ٪ فقط فى الأنسجة الرخوة) ، ومعظم فوسفور الدم يوجد فى داخل الخلايا ،ويفيد مستوى فوسفور البلازما كدليل على كفاية الغذاء ، وانخفاضه فى الدم يصاحب حالات الكساح . والفوسفور غير العضوى يوجد فى البلازما، أما العضوى (Lecithin) ففى البلازما والخلايا ، ففير المعدنى مستواه ٥ - ٦,٥ مجم /١٠٠ مل بلازما للأطفال ، ٣-٤,٥ مجم / ١٠٠ مل بلازما للبالغين .

ويخرج الفوسفور أساسا فى روث آكلات النباتات ، وفى بول آكلات اللحوم، ويتساوى الخارج منه فى البول والروث فى الإنسان ، كما يخرج كذلك فى التنفس ، وعموما يخرج الجزء غير العضوى أساسا فى البول والقليل فى البراز Faeces .

احتياجاته :

تبلغ احتياجات الأطفال من الفوسفور ٤٥ - ٥٠ مجم / كجم وزن الجسم/ يوم ، بينما احتياجات البالغين اليومية ١٣ مجم/ كجم. وتعتبر الأغذية الغنية بالبروتين غنية كذلك بالفوسفور . ومتوسط احتياجات الدجاج البياض حوالى ٤٨٠ مجم فوسفور كلى ، أو ٢٨٠ مجم فوسفور ليس فيتات/ يوم / دجاجة ، وتسوء حالة جودة قشرة

البيض بزيادة الفوسفور المستهلك ، وتقل احتياجات الفوسفور للدجاج المربى على الأرض عما سبق ذكره للمربى فى أقفاص (والتى يفضل أن تكون ٠,٧٥ ٪ مع ١,٨١ ٪ كالسيوم) . بينما احتياجات الكلاب من الفوسفور ٨ - ١٠ جم/ كجم عليقة ، أو ٨٥ - ٣٢٠ مجم/ كجم وزن جسم ، حسب النمو والإنتاج ، باستفادة تبلغ ٣٥ -٨٠٪ ، وتبلغ معاملات هضم الفوسفور الظاهرية فى الكلاب ٢٥ - ٩٠٪ حسب العمر ، كما تزيد معدلات هضم الفوسفور الظاهرية بزيادة المستهلك منه / كجم وزن حى ، ويزيد هضم الفوسفور فى صورة فيتين بانخفاض نسبة الكالسوم .

احتياجات الفوسفور لماشية اللبن جم/ يوم = [كمية اللبن المنتج كجم + المادة الجافة المأكولة كجم] × ١,٤٣ .

على فرض أن الإستفادة من الفوسفور ٧٠٪ .

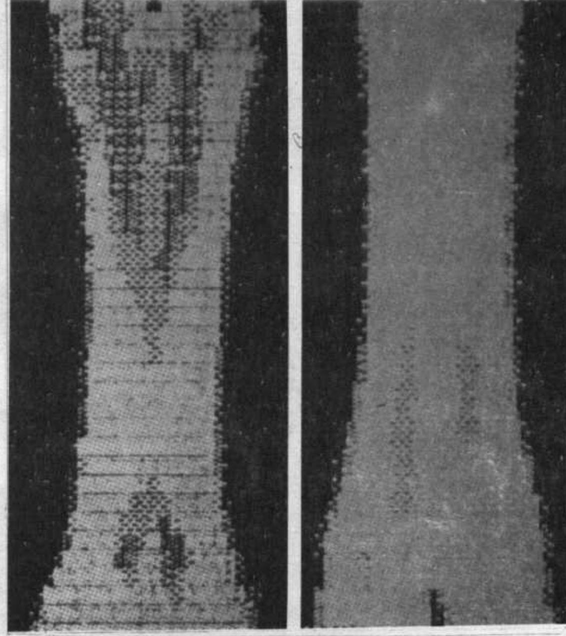
ولما كانت نسبة الكالسيوم : الفوسفور فى العظام هى ٢ : ١ ، فإن هذه النسبة هى المثلى كذلك فى الغذاء سواء للنمو أو لتكوين العظام وعموما تحتمل الحيوانات المجترة نسب أوسع من ذلك خاصة فى حالة ارتفاع مستوى فيتامين D ، إلا أن زيادة أى من الفوسفور أو الكالسيوم تخفض من وفرة معادن نادرة معينة ، وعموما ينصح بنسبة كالسيوم ٠,١٧ - ١,٥٣ ٪ وفوسفور ٠,١٧ - ٠,٥٩ ٪ فى علائق المجترات للنمو والتسمين ، ٠,٤٣ -٠,٧٧ ٪ كالسيوم مع ٠,٢٥ - ٠,٤٨ ٪ فوسفور للحيوانات الحلابة .

نقصه وزيادته :

تتداخل أعراض نقص الفوسفورPhosphorus Deficiency مع تلك للكالسيوم من ضعف ، وفقد الشهية ووزن الجسم وتصلبه ، وتشوهات عظمية، واضطرابات تناسلية، ويساعد على ظهور أعراض نقص الفوسفور غنى التربة بالكالسيوم والحديد والألومنيوم (لتكوينهما معقدات مع الفوسفور غير ذائبة) . ويظهر نقص الفوسفور Hypophos-phatosis لنقصه فى الغذاء ، أو لزيادة الكالسيوم، ولنقص فيتامين D، ولزيادة استهلاك الكاروتين وفيتامين A ، ولعدم التعرض لأشعة الشمس. وتظهر حالة سوء تغذية العظام Osteodystrophy لنقص الفوسفور ، أو لعدم اتزان نسبة الكالسيوم : الفوسفور (أو لنقص النحاس، أو للتسمم بالفلور أو بالرصاص) . كما أن من أعراض نقص الفوسفور كذلك أكل الطين والخشب والحجر والعظم Pica ، ونقص النمو ، والعقم . ونقص الفوسفور الغذائى أكثر انتشارا تحت الظروف الطبيعية فى مناطق جغرافية ، اعتمادا على تركيب صخورها المكونة لتربتها .

وتعانى الحيوانات من نقص الفوسفور لرعيها فى موسم الجفاف ، ولتغذيتها على المخلفات فقيرة البروتين ، ولزيادة ماغنسيوم وكالسيوم الغذاء . كما تعانى الحيوانات من أعراض نقص الفوسفور نتيجة ارتفاع محتوى كبريتات المنجنيز فى ماء الشرب . وفى نقص الفوسفور (لإفرازه فى اللبن) يظهر البول الدموى Haemoglobinuria بعد

الولادة ، كما تزيد فرص التعرض للنفاخ . وفى نقص الفوسفور ينخفض مستواه فى الدم إلى ١,٥ - ٣,٥ مجم / ١٠٠ مل ، وفى الحالات الشديدة قد ينخفض إلى ١ مجم / ١٠٠ مل أو أقل . ويعد فوسفور العظام هو أفضل دليل على حالة الفوسفور، فيظهر النقص الشديد فى الفوسفور فى صورة طول أرجل الحيوان ، وضيق صدره ، ودقة عظامه وسهولة كسرها، وخشونة غطاء الشعر ، ونقص صبغته .

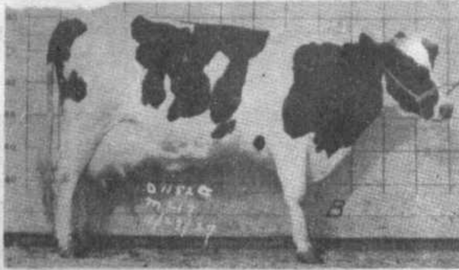


نزع معادن العظام فى الماشية، على اليسار لتغذية منخفضة الفوسفور (٠,١٢ ٪) مقارنة بما على اليمين لتغذية كافية من الفوسفور (٠,٢٠ ٪)



A : تغذية على حبوب مع

العليقة الأساسية ،



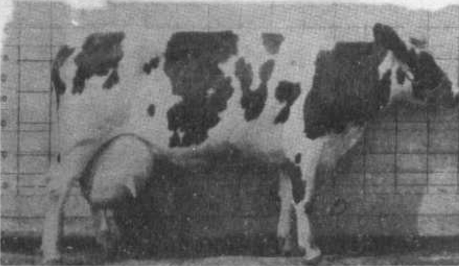
B : إمداد بالمعادن لعليقة

أساسية ،



C : عليقة أساسية بدون

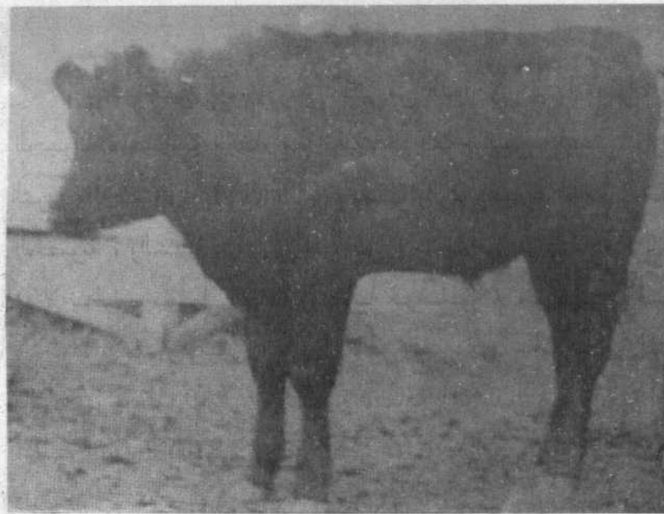
إضافات معدنية ،



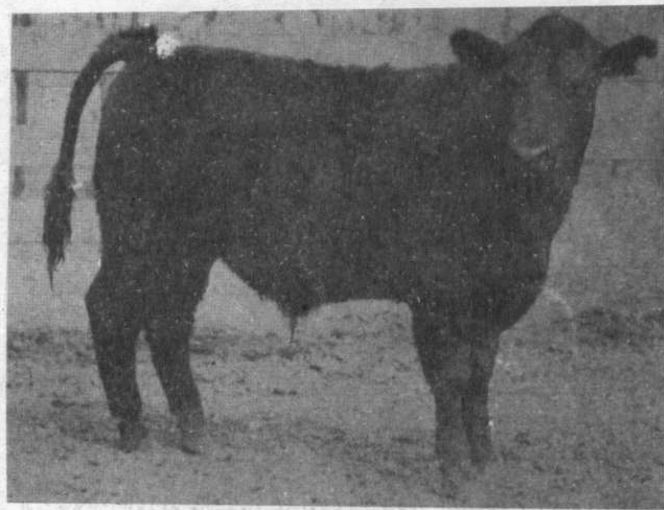
D : عليقة أساسية مع

مسحوق عظام .

وتأثير ذلك على إنتاج اللبن



عجل يعانى نقص الفوسفور (٠,١١٪)



عجل على تغذية طبيعية من الفوسفور (٠,١٨٪)

وينتشر نقص الفوسفور فى كثير من الدول من بينها مصر ، فتظهر الحيوانات هشاشة العظام مع انخفاض إنتاج اللبن والبيض ، ومضغ التربة والعظم Osteophagia والخشب والرم وغيرها ، مع انخفاض الخصوبة ، والشهية ، وتيبس المفاصل ، وانخفاض الإستفادة من الغذاء (لاضطراب تمثيل الطاقة المتطلبة فوسفور) ، ويظهر الإفتراس، وينخفض رماد وفوسفور العظام. ونقص الفوسفور غالبا علامة للتسمم بالألومنيوم ، لذا تزال هذه السمية بإضافة الفوسفور (أو الجير أو المواد المخلبية Chelating) . ويؤدى نقص فوسفور الغذاء إلى زيادة كالسيوم الدم (الى ١٣- ١٤ مجم / ١٠٠ مل) لتفكك فوسفات الكالسيوم بعد سحبة من العظام إلى الدم، فيستهلك الفوسفور ويظل الكالسيوم فيرتفع مستواه. وتأثير نقص الفوسفور على التناسل غير مباشر ، إذ يخفض الشهية ، فينخفض استهلاك كل من البروتين والطاقة، فيضطرب الشبق ، ويتأخر الحمل ، ويحدث عقم مؤقت . ويؤدى النقص الشديد فى الفوسفور إلى العرج وتصلب المشية ، وتقوس الظهر ، وكساح Rickets الصغار ، ولين عظام Osteomalacia الكبار وسهولة كسرها، ونمو غير منتظم للأسنان والفكين . وبنقص الفوسفور يسحب أولا من العظام الأسفنجية والضلوع والفقرات ، بينما مخزون العظام الطويلة (كالعضد والفخذ) تكون آخر مخزون يسحب .

وزيادة الفوسفور تؤدى إلى اضطرابات عظمية، وانخفاض استهلاك الغذاء والنمو، مما يؤدى لتدهور الصحة والأداء، وعموما فإن أقصى ماتحتمله الماشية من الفوسفور هو ١ ٪ وللأغنام ٠,٦ ٪ من الغذاء،

والزيادة منه تخفض من الإستفادة من العناصر الأخرى ، وتخفض مخزون الكبد من الحديد (فتظهر أنيميا) ، كما تظهر أعراض نقص الزنك ، وتآكل الفك ونخورته Fossy Jaw ، ويزيد ماغنسيوم السيرم ، وإن كانت زيادة فوسفور الغذاء تعالج الآثار الضارة من زيادة ألومنيوم وحديد الغذاء . ولقد وجد الفوسفور الأبيض غير العضوى بتركيزات عالية فى الأسماك والطيور المتواجدة بالقرب من مناطق انتاجه ، وقد يحدث التسمم الفوسفورى من استخدام مبيدات القوارض الفوسفورية ، فيحدث التهاب مخاطية الجهاز الهضمى ، ونكرزه حادة للكبد . فتتلوث الأغذية (لحد التسمم) بالفوسفور من مبيدات القوارض والحرائق وقنابل الدخان. ويمتص الفوسفور الأبيض كعنصر ويدور مع الدم ويتأكسد ، فيخرج بعضه عن طريق الرئة ، لذلك يظهر للزفير رائحة فوسفورية ، كما يبرق ويتأجج فى الظلام. ويظهر التسمم بأعراض منها مغص ، وقيىء يتأجج فى الظلام برائحة الفوسفور (حكاكة الثقاب المبللة)، مع يرقان وأعراض عصبية ، يعقبها تشنج وغيبوبة ، ثم وفاة . وفى الحيوانات يظهر كذلك رشح فى الأعضاء الحشوية، خاصة الكبد ، وكذلك العضلات والأوعية الدموية ، خاصة تحت الجلد .

ولتشخيص التسمم الفوسفورى يشم رائحة هواء الزفير ، وكذلك القيىء، مع التحليل الكيماوى للقيىء. ويعالج بمقيىء (كبريتات نحاس ١-٢ ٪) ثم بغسيل المعدة بمحلول ضعيف من كبريتات النحاس (٠,٤ ٪) أو برمنجنات البوتاسيوم (٠,٢ ٪) لأكسدة الفوسفور، والحقن بالجلوكوز، وتجنب الحموضة والدهون ، ولايفيد العلاج إذا تأخر .

والفوسفات العضوية مضادة للكولين إستراز ، فتؤدى إلى صداع ومغص وقيء، وعرق وتشنجات ، واضطرابات حسية ، وضعف الأطراف ، وتلف الأعصاب الطرفية والحبل العصبى ، وتظهر هذه الأعراض بعد ١٠ – ٢٠ يوم وقد تتطور لمدة شهر ، وتعالج بجرعات عالية من الأتروبين (٢مجم فى العضل) تتكرر حسب الضرورة ، ويعطى منشط للكولين إستراز مثل PAM بمعدل ١ جم فى الوريد فى الحالات الشديدة .



بقرة تمضغ عظام ، كأحد أعراض نقص الفوسفور

الفصـل الثالث

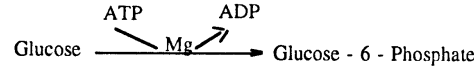
الماغنسيوم MAGNESIUM (Mg)

يحتوى جسم الإنسان على ٠,٠٥ ٪ ماغنسيوم ، ٦٠ ٪ من هذه الكمية تتواجد فى الهيكل العظمى ، بينما ٣٩ ٪ منها تتواجد فى خلايا الأنسجة (كبد ، عضلات مخططة ،كلى ، مخ ، كرات دم حمراء)، ١ ٪ منها فى السوائل البينية للخلايا ، فيحتوى رماد العظام على ٠,٨ ٪ ماغنسيوم .

وجـــوده :

يوجد الماغنسيوم فى اللحوم والألبان والأسماك (١,٤ -٢,٣ جم / كجم مادة جافة) واللبن ، والخضروات الورقية والحبوب (لذلك يرتبط مستوى ماغنسيوم الدم باستهلاك الحبوب النجيلية) والبقول والبندق ، ومن أملاحة الأوكسيد ، والكبريتات ، والكلوريد ، والكربونات ، وهو مركز فى العظام (٦٠ -٧٠٪) ، وينتشر فى أنسجة الحيوان والنبات . وتركيزه فى الدم ١,٢ -٣,٨ مجم/ ١٠٠ مل ، ٦٥-٨٠٪ منها فى صورة متأينة حرة ، أو متحدة مع الفوسفات أو السترات ، ٢٠ -٣٥٪ الباقية تتحدد مع البيومينات وجلوبيولينات الدم، ولكن درجة الإتحاد غير قوية، بحيث يمكن فصلها عندما تدعو الحالة الفسيولوجية، ويتحكم الثيروكسين وهرمونات غدد فوق الكلية فى درجة ارتباط الماغنسيوم ببروتينات الدم. كما يوجد الماغنسيوم فى السائل

النخاعى الشوكى بتركيز أعلى مما هو فى البلازما. ويصل تركيزه فى الكبد والكلى ما بين ٠,٠٦ و ٠,١٣ ٪ على أساس الوزن الجاف . ويتركز الماغنسيوم فى أنوية الخلايا،لاتحاده بالأحماض النووية (RNA) ، وبالمركبات الغنية بالطاقة (ATP, ADP) ، وبالأكتين والميوسين المسئولين عن انقباض وانبساط العضلات لتخزين أو توليد الطاقة :



وظيفته :

يدخل الماغنسيوم فى عديد من الوظائف من بينها :

١- فى تكوين الهيكل العظمى والأسنان ، وكبديل جزئى للكالسيوم ، فهو يرتبط سلبيا بالكالسيوم ، فبينما يعتبر الماغنسيوم ضروريا لتكوين الأحماض النووية والأمينية ، فإن الكالسيوم يثبطها، لكنهما يتعاونان معا فى انتاج الطاقة البيولوجية .

٢- يساعد على نشاط العضلات .

٣- يدخل فى تركيب عديد من الإنزيمات وينشط إنزيمات أخرى مثل ATP-ase ، كولين أسيتيلاز ، فوسفاتاز قاعدى .

٤- فى تمثيل الكربوهيدرات ، وفى تخليق البروتينات ، وتخليق وهدم DNA .

٥- فى كل التفاعلات اللازم لها طاقة فى الأنسجة ، مثل

الفسفرة التنفسية وانتاج ATP .

٦- يخفض من حساسية الأنسجة .

٧- ثان أهم كاتيون (بعد البوتاسيوم) فى السوائل الخلوية .

٨- فى نقل وتنشيط الإشارات العضلية والعصبية ، مما يساعد فى انقباض العضلات وتوصيل الإحساس .

امتصاصه :

يمتص الماغنسيوم من الجهاز الهضمى ، فى الثلث الأوسط للأمعاء الدقيقة (ومن كرش وشبكية المجترات) ، وبعض الماغنسيوم المفرز فى القناة الهضمية يعاد امتصاصه ، وهو مفضل عن ماغنسيوم الغذاء . ويتوقف الإمتصاص على تركيزه فى الغذاء . ويتنافس الماغنسيوم مع الكالسيوم فى الإمتصاص من نفس الموقع . ويوجد ارتباط موجب بين كالسيوم وماغنسيوم السيرم ، وكذلك فى العظام ، بينما يوجد ارتباط سلبى بين بوتاسيوم وماغنسيوم العظام (وبين بوتاسيوم وكالسيوم العظام) .

تخزينه وإخراجه :

يخزن أساسا فى العظام (٦٠ -٧٠٪) ، فى صورة أيونية أو هيدروكسيد ماغنسيوم ، مما يجعله مرتبطا على الطبقة البللورية للعظام بروابط إليكتروستاتيكية، وكلما قرب من السطح ضعفت الرابطة ليسهل خروجه عند الحاجة ، وبتقدم العمر تقل حركته بالعظام كما تقل حرية

حركة أيوناته ، وفى الصغار يتحرك ٣٠٪ من ماغنسيوم العظام لسد احتياجات الأنسجة الأخرى عند نقصه فى الغذاء ، وينظم حركة الماغنسيوم من الهيكل العظمى البلازما الملامسة للعظام، وغالبا ما يحل الماغنسيوم محل الكالسيوم والعكس . كما يوجد فى كرات الدم الحمراء (٥,٤ - ٧,٨ مجم / ١٠٠ مل) ، والبلازما ، ويقل تركيزه فى البلازما بارتفاع تركيزات هرمونات غدد فوق الكلسية والدرقية (لارتباطها بالبروتينات الناقلة) .

ويخرج الزائد منه فى الروث (٥٠ - ٨٠٪)، وقليلا فى البول ، كما يفرز فى اللعاب . ويزيد الخارج فى الروث بزيادة افرازات القناة الهضمية واللعاب ، ويزيد المفرز فى البول بزيادة ماغنسيوم الدم والسوائل بين الخلوية ، كما يزيد بزيادة الكالسيوم والصوديوم وأملاح الأمونيا فى الغذاء ، وثلث ماغنسيوم اللبن يوجد متحدا مع الكازين ، بينما ١٧٪ منه فى صورة أيونية. وفى المجترات يخرج أساسا فى البول. ويزيد دهن العليقة من إخراج الماغنسيوم فى البول .

الإحتياجـــات :

تبلغ احتياجات الأطفال اليومية من الماغنسيوم ١٠٠ - ٣٠٠ مجم / طفل ، وللبالغين ٢٢٠ مجم / فرد ، بينما احتياجات الحيوانات المجترة ٠,١٠٪ (٠,٠٥ - ٠,٢٥٪) من المادة الغذائية الجافة ، وذلك حسب معدل النمو ، والعمر ، والإنتاج ، والنوع ، وتركيب الغـــذاء (بروتين، كربوهيدرات ، دهون، أحماض عضوية ، ومحتواه المعدنى

من حيث البوتاسيوم ، كالسيوم ، فوسفور، ألومنيوم ، حديد،صوديوم) ، ومعدل التغذية . ارتفاع pH كرش المجترات يؤثر سلبيا على الإمتصاص ، فيزيد من الإحتياجات للماغنسيوم. وتزيد الإحتياجات فى حالة انتاج اللبن .

نقصه وزيادته :

الماغنسيوم ضرورى لحركة عضلة القلب وعضلات التنفس ومنع تكوين حصوات المرارة والكلى ، ويعالج حالات الإكتئاب وعدم التركيز وفقد الشهية وآلام ما قبل الطمث ، وهو مفيد لمنع الولادة المبكرة ولعلاج الرعشة واضطرابات الحركة . لذلك فإن نقص الماغنسيوم يؤدى إلى الشعور بعدم التركيز والإجهاد العقلى وبالغثيان والقيىء والرعشة والإسهال واضطراب فى ضربات القلب ، وزيادة حساسية الأغشية العصبية مما يؤثر نفسيا ، كما أن نقصه قد يزيد هرمون جارات الدرقية (البارائيرويد)، ويؤثر على الهيكل العظمى ، ويرفع ضغط الدم . فالماغنسيوم هام فى تنبيه الخلايا ونشاط العضلات الهيكلية والقلب ، فنقصه يزيد انقباض القلب والعضلات ، وتزيد نفاذية الخلايا (لزيادة إفراز النور أدرينالين) فيقل الماغنسيوم والبوتاسيوم داخل الخلايا ، لذا ينصح بالتغذية على فيومارات الماغنسيوم كمركب عضوى أعلى فى الإستفادة منه عن أوكسيد الماغنسيوم ، ليضاد الضغوط البيئية وآثارها السلبية المؤدية لأمراض القلب والتشنجات العضلية والموت المفاجىء ، لطبيعتها المنافسة والمضادة للكالسيوم . والأطفال العصبيون الذين يعانون

من اضطرابات وظيفية ، وكذلك المراهقون ، يشكلون مجموعة معرضة لخطر متزايد من جراء اضطرابات ميتابوليزم الماغنسيوم ، وزيادة تنبيه غدد فوق الكلية ، مما يؤدى إلى تلف أوعية القلب فى العمر الأكبر .

كما يؤدى نقص الماغنسيوم الى بعض الشذوذ فى ميتابوليزم المخ، وبالتالى إلى شذوذ عصبى للأطفال، وخفض إفراز الأسيتيل كولين . وتؤدى زيادة الزيت فى الغذاء إلى خفض احتجاز الماغنسيوم فى الجسم وفى رماد العظام . ويزيد مستوى الليبوبروتينات شديدة انخفاض الكثافة (VLD. LP) ومنخفضة الكثافة (LDLP) ، بينما تنخفض الليبوبروتينات مرتفعة الكثافة (HDLP) ، وتزيد الجليسريدات الثلاثية فى الدم ، وتزيد فرص حدوث جلطات ويتغير ضغط الدم ، وذلك بنقص الماغنسيوم ، والذى يؤدى كذلك الى ضعف النمو، واضطراب سلوكى، وضعف وتقلص عضلى ، وسهولة الإثارة ، ولهث Gasping، ورعشة .

وتؤدى التغذية على المراعى الصغيرة (لانخفاض طاقتها) إلى حالة نقص ماغنسيوم الدم Hypomagnesemia ، لاضطراب فى امتصاص الماغنسيوم ، أو لفقده فى اللبن ، مما يجعل الماغنسيوم المتاح Available للاستعمال منخفض لحد حرج ، فيحدث كزاز (رجفة) نقص الماغنسيوم Hypomagnesemic tetany فى المجترات . ويقل ماغنسيوم النبات بزيادة التسميد البوتاسى والأزوتى ، كما يقل المتاح من الماغنسيوم المهضوم بزيادة إنتاج أمونيا الكرش لزيادة بروتين العليقة أو

لزيادة التسميد الأمونيومى للمراعى ، ولوجود مواد جيلاتينية فى الكرش مثل حمض الفاكيتوبيوتريك ، ولانخفاض طاقة العليقة إضافة إلى أن الإسهال المصاحب للكزاز أوحى المراعى (حمى اللبن) يخفض من امتصاص الماغنسيوم وزيادة بوتاسيوم أو كالسيوم العليقة يقلل من امتصاص الماغنسيوم ، وتعالج هذه الحالة بالتجريع أو الحقن بالمحاليل الغنية بالكالسيوم والماغنسيوم بينما تقاوم برفع معدل الماغنسيوم فى العليقة. وتظهر الحيوانات المصابة (ماشية وأغنام ، ذكور وإناث ، فى كل الأعمار من العجول الرضيعة فصاعدا) رعشة ورجفة ، سيولة اللعاب ، انخفاض ماغنسيوم وكالسيوم الدم ، سهولة الإثارة ، فقد الشهية ، انتصاب الآذان والرأس ، تخشب حركة الحيوان ، دوخة وشد عضلات الوجه ، تشنجات وترنح ورقاد ، غيبوبة ، نفوق (وهذه الأعراض العصبية تشبه أعراض نقص الصوديوم كذلك) . ويقدر نقص الماغنسيوم بتحليل محتواه فى البول كأفضل مؤشر . وأكثر الفئات المعرضة لنقص الماغنسيوم هم كبار السن ومرضى السكر والذين يتبعون نظاما غذائيا منخفض السعرات الحرارية ومدمنوا الكحوليات والمرضى الذين يتناولون مدرات للبول وبعض أدوية القلب والنساء الحوامل . ووجد أن إعطاء مرضى الأزمات القلبية جرعات من الماغنسيوم تزيد فرص انقاذهم .

بقرة تعانى من انهيار وتشنج ورعشة ، فى مرحلة النفوق لنقص الماغنسيوم

أما زيادة الماغنسيوم في الغذاء فقد تؤدى إلى تسمم ماغنسيومى في صورة نعاس ، واضطراب الحركة ، وإسهال ، وانخفاض الشهية والإنتاج، وخمول ، وفاه ، كما تؤدى زيادة الماغنسيوم إلى حدوث حصوات ، وتثبيط للنشاط العصبى (يعالج بالكالسيوم فيخرج الماغنسيوم)، ويزيد ماغنسيوم البول والروث والدم ، ويزيد احتجاز الزنك خاصة في الكبد ، وتحدث رعشة . وقد ينتشر التسمم بالماغنسيوم بين عمال المناجم نتيجة استنشاق الغبار الملوث به ، فيتراكم في الكبد والجهاز العصبى ، فتنشأ أعراض مرضية عصبية وعضلية تشبه أعراض مرض باركينسون Parkinson's Disease .

الفصل الرابع

الصوديوم NATRIUM- SODIUM (Na)

الصوديوم من أهم القلويات التى يحتاجها الإنسان والحيوان بكميات ملحوظة فى الأغذية، إلا أن هناك من النباتات مالا تحتاج اليه. ويحتوى جسم الإنسان البالغ على حوالى ١٠٠ جم صوديوم، معظمها (٩٣٪) خارج الخلية فى السوائل مثل البلازما وعصائر الأمعاء ، أما داخل الخلايا فينخفض تركيزه نسبيا ليحل محله كاتيونات البوتاسيوم والماغنسيوم . ويحتوى جسم الحصان تقريبا على كيلو جرام صوديوم (٢جم/كجم وزن حى)، ٣٧٪ منه فى الهيكل العظمى ، ٢٠٪ فى القناة الهضمية ، ٦٪ فى الجلد ، ٩٪ فى السيرم .

وجـــوده :

يوجد فى مساحات كبيرة من العالم مثل جنوب أفريقيا، معظم الحبوب فقيرة فى الصوديوم فتحتوى الذرة والقمح على ٠,٠١ - ٠,٠٣ ٪ صوديوم ، بينما يكثر فى الأغذية الحيوانية، ويوجد فى العصارات المعدية واللعاب وبلازما الدم ، كما يدخل فى تركيب الهيكل العظمى (بحالة غير نشطة)، ومحتوى الصوديوم فى البلازما ٣٣٠ مجم / ١٠٠ مل بينما فى كرات الدم الحمراء ٣٥ مجم/ ١٠٠مل . ويوجد فى ملح الطعام كلوريد صوديوم بنسبة ٩٦٪ (فى الدول النامية) - ٩٩,٥٪ (فى الدول الصناعية). وتحتوى العضلات

الجافة لأسماك المياه العذبة على ٢٤ -٣٢ جم / كجم صوديوم .

وظيفته :

ملح الطعام يعد أهم المعادن للحيوان والإنسان ، فالصوديوم مهم لحفظ مرونة القلب ، وهو ضرورى لحفظ الضغط الأسموزى للبلازما وسائل الجسم ، ولحفظ الإتزان القاعدى / الحامضى فى الأنسجة البيولوجية ، ويلعب دورا فى معادلة الأحماض العضوية ، وله تأثير على الأنسجة القابلة للإثارة كالعضلات ، ومهم لنفاذية الخلايا ويدخل فى تكوين الحامض المعدى ، يزيد الشهية للأكل ، الصوديوم هام لحركة العضلات ، ولنقل الإشارات العصبية ، يبطىء من هدم البروتين فيزيد البناء فى الجسم ، ينشط الإنزيمات ، ينشط الدورة الآزوتية فى الجسم فيحسن من امتصاص المركبات غير العضوية ، ينشط إفراز العصارات الهاضمة فيسهل هضم الدهون والبروتينات ، ينشط انتشار المواد المهضومة فى الخلايا ، يساعد على لمعان الشعر والصوف ، ينشط العملية الجنسية فى الجنسين ، ضرورى لميتابوليزم الماء فى الجسم .

امتصاصه :

يمتص الصوديوم سريعا من الأمعاء الدقيقة ، كما أن بعض الإمتصاص يتم فى المعدة وإن كان الإمتصاص ظاهريا ، إذ أن معظم (٨٥ - ٩٥٪) الصوديوم يفرز عن طريق البول . وصوديوم العصائر الهاضمة يعاد امتصاصه ثانية فى الأمعاء الغليظة بنسبة ٩٥٪ فى الخيول. وتقوم غدد فوق الكلية (الأدرينال) بتنظيم مستوى الصوديوم ،

إذ أن إزالة هذه الغدد تؤدى لزيادة إخراج الصوديوم فى البول .

تخزينه وإخراجه :

حوالى ثلث صوديوم الجسم (٣٠ – ٤٥ ٪ فى الإنسان ، ٣١ – ٥٥٪ فى الكلاب ، ٢١٪ فى القـردة والأرانب) يخـزن فى الهـيكل العظمى ، بينما معظم الصوديوم يوجد فى سوائل الجسم الخلوية ، وفى الغضاريف يوجد حوالى نصف الصوديوم فى صورة خارج الخلايا . وتحتوى عضلات الإنسان البالغ على نصف ما تحتويه عضلات الطفل ، ويقل الصوديوم القابل للتحريك مع تقدم العمر . ويوزع الصوديوم فى الجسم كالتالى :

الدم	١٦٠ مجم / ١٠٠ مل .
البلازما	٣٣٠ مجم / ١٠٠ مل .
الخلايا	٨٥ مجم / ١٠٠ مل .
الأنسجة العضلية	٦٠ – ١٦٠ مجم / ١٠٠ جم .
الأنسجة العصبية	٣١٢ مجم / ١٠٠ جم .

ويخـرج الصـوديوم أسـاسـا (٩٠ – ٩٥٪) مع البـول ، والقليل يخـرج مع الروث والنفس والعـرق والدمـوع واللبن وإفـرازات الأنف المخاطية واللعاب وإفرازات القناة البولية والمهبلية . ويخرج الصوديوم فى صورة فوسفات وكلوريدات . ونسبة الصوديوم : البوتاسيوم فى البول كنسبة ٥:٣ . وينظم هرمون الفازوبروسين (المفرز من الفص الخلفى

للغدة النخامية) نسبتى تواجد كل من الصوديوم والبوتاسيوم فى الجسم. ويرتبط الخارج من الصوديوم فى البول والروث بكمية الصوديوم المستهلكة .

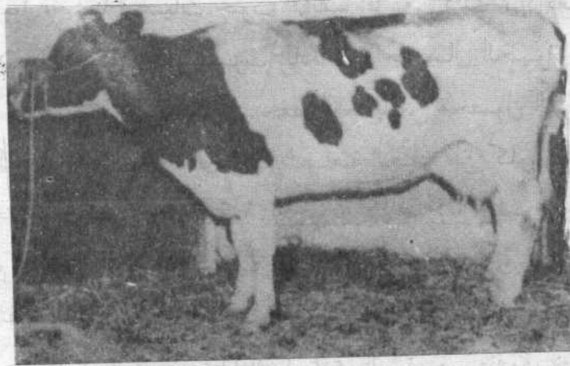
الإحتياجات :

تبلغ احتياجات الإنسان حوالى ٥ جم / يوم ، والأغنام أكثر الحيوانات تحملا للصوديوم وأكثرها حاجة إليه ، يليها البقر فالخيول . وتؤثر التغذية على حاجة الحيوان ، إذ تزداد الحاجة للصوديوم بالتغذية على أعلاف نباتية غنية بالبوتاسيوم . ويحتاج الحيوان من الصوديوم حوالى ٢ -١٢ جم / ١٠٠ كجم وزن حى / يوم ، أو حوالى ٠,١١ ٪ من العليقة الجافة للكتاكيت ، ٠,١٤ - ٠,٢٥ ٪ من العليقة الجافة للخيول ، ٠,٩جم / يوم للأغنام ، ٧,٧جم / يوم للماشية الجافة ، ٢٠,٠ جم/ يوم للماشية الحلابة . وعموما تتوقف الاحتياجات من الصوديوم على الإختلافات بين أنواع الحيوانات وأعمارها،معدل النمو، محتوى العليقة من البوتاسيوم ، ودرجة حرارة الجو (تزداد الإحتياجات بارتفاع درجة الحرارة) ، الفاقد من الجلد .

نقصه وزيادته :

يؤدى نقص الصوديوم إلى أعراض من بينها فقدان الشهية للأكل، فقدان لمعان العينين والشعر،زيادة شرب الماء، عدم الإستفادة من بروتين وطاقة الغذاء،وتظهر ظاهرة الإفتراس بين الحيوانات،ولعق المداود والحوائط وأجسام الحيوانات،وانخفاض انتاج البيض،وضعف النمو.

وتظهر هذه الأعراض فى الحيوانات المغذاة على حشائش وحبوب فقيرة فى الصوديوم ، أو فى الحيوانات التى تبذل مجهوداً كبيراً ، أو الأراضى الرملية أو المخصبة جيدا بالبوتاسيوم ، وفى ظروف الحرارة العالية للفقد الكبير فى الماء وإفراز الصوديوم فى العرق ، مما يخفض كذلك من انتاج اللبن ، ويؤدى إلى تشنج عضلى وبلادة عقلية. وينخفض بالتالى تركيز صوديوم الدم والعضلات والعظام،ويظهر ميزان سالب للصوديوم ، وينخفض ضغط الدم. وقد تولد أطفال تزدادا احتياجاتهم لملح الطعام ، وذلك راجع لعامل وراثى ، مما يؤدى إلى زيادة محتوى الملح فى الجسم خاصة جدر الشرايين . وتشمل الأعراض المتقدمة لنقص الصوديوم رعشة ، اضطراب ، لغط القلب وقد يؤدى للوفاة. ويزداد انتشار نقص الصوديوم بين حيوانات مناطق معينة خاصة عند زيادة النمو، أو زيادة إنتاج اللبن ، وفى الأجواء الإستوائية أو الحارة القاحلة وشبه الجافة . ويقل صوديوم اللعاب فى حالات نقص الصوديوم. وأفضل وسيلة للكشف عن نقصه هى تحليل محتواه فى اللعاب .



بقرة حلابة بعد عام من الحرمان من الملح تظهر أعراض نقص فى شكل فقد فى وزن الجسم وانخفاض انتاج اللبن .

وزيادة الصوديوم (ملح الطعام) تزيد محتوى جدر الشرايين من الملح ، مما يزيد مقاومة الشرايين ويرفع ضغط الدم . وتحتمل معظم الحيوانات كميات عالية من ملح الطعام ، فى حالة وفرة الماء . زيادة الملح فى الماء (٧ جزء / مليون) تخفض استهلاك الغذاء والماء ، مع ظهور اضطرابات هضمية، وانخفاض معدل النمو ، واسهال دموى . والتسمم بملح الطعام يؤدى إلى تشنجات ، وفقد الحيوانات لحسن مظهرها ولمعان شعرها ، ويبقع الجلد ، وينحل الجسم ، وتضعف الأرجل الخلفية، وتنخفض معاملات الهضم والإستفادة من الغذاء، وينخفض تركيز كالسيوم وماغنسيوم الدم. والتسمم يكون أشد عند عدم وفرة ماء الشرب ، فتحدث أوديما المخ المصحوبة بأعراض عصبية. لذا تنص التوصيات الإسترالية للحدود القصوى لتركيز كلوريد الصوديوم فى ماء الشرب على ألا تتعدى ١,٣ ٪ للأغنام ، ١٪ للماشية،٠,٩ ٪ للخيول، بينما توصيات جنوب أفريقيا أقل من ذلك ، إذ تعتبر ٠,٥٪ أملاح كلية فى ماء الشرب زيادة عن احتمال الحيوانات بل أن ٠,٢٥٪ ملح فى ماء الشرب يخفض معنويا من محصول اللبن للماشية عالية الإدرار . وتبلغ الجرعة السامة الحادة من كلوريد الصوديوم للخنازير والخيول والماشية ٢,٢ جم / كجم وزن جسم ، وللأغنام ٦ جم / كجم . وماء الشرب المالح من الآبار الإرتوازية (خاصة عند الإنتقال المفاجىء من الشرب على ماء عذب إلى الشرب على هذا الماء المالح خاصة والحيوان عطشان) يؤدى إلى تسمم ونفوق خاصة تحت ظروف الإنتاج المكثف . كما يحدث هذا التسمم كذلك لنهم الحيوان

على الملح بعد فترة حرمان ، أو للتغذية على شرش جبن مملح ، أو مخلفات أسماك محفوظة بالتمليح ، فيظهر ارتفاع الضغط الإسموزى لمحتويات الجهاز الهضمى (بعد التهاب المعدة والأمعاء) ، والقيىء ، والإسهال ، وزيادة التبول) ، والجفاف ، والعمى ، والتشنج ، وأوديما المخ والقلب والعضلات . كما تضار ميكروفلورا الكرش ، وتنخفض الخصوبة . ويتم العلاج بوقف مصدر التلوث ، والإمداد بمصدر ماء شرب عذب ، على أن يتم الشرب بكميات بسيطة ومتعددة على فترات ، أو يعطى الماء باللى المعدى ، ويعالج الجفاف والأوديما .

الفصل الخامس

البوتاسيوم KALIUM- POTASSIUM (K)

البوتاسيوم من المعادن القلوية الضرورية للنبات والحيوان ، فيوجد فى الأنسجة والغدد والأعصاب فى صورة كلوريدات أو أملاح غير عضوية ، ويوجد البوتاسيوم أساسا داخل الخلية (عكس الصوديوم) ، فيحتوى السيرم على ٢٠ مجم /١٠٠ مل بينما تحتوى كرات الدم الحمراء ٤٠٠ مجم /١٠٠ مل . ويشبه البوتاسيوم الصوديوم فى تضادهما لعمل الكالسيوم، إذ يزيدا من حساسية العضلات ، لكنه عكس الصوديوم فى وجوده فى النباتات بنسبة أعلى منها فى الحيوانات.

وجوده :

يكثر البوتاسيوم فى المولاس والسوق الدرنية ، والحبوب النجيلية ، والنخالة ، وورق الأشجار ، واللبن الفرز ، وشرش الجبن ، ويقل فى الدقيق من الذرة واللحم المجفف والسمك المجفف (٦٩ - ٣٢٤جم / كجم) . هو أكثر الكاتيونات وجودا فى السوائل الخلوية الداخلية، ويحتوى جسم الإنسان البالغ على ٢٥٠ جم بوتاسيوم ، ٧٣٪ منه فى العضلات ٥٪ فى كل من كرات الدم الحمراء والهيكل العظمى ، ٣٪ موزعة فى الجلد والمخ والأمعاء .

وظيفته :

تتماثل وظائف كل من البوتاسيوم والصوديوم ، سواء فى تنظيم الضغط الأسموزى لسوائل الجسم ، وتنظيم حموضة الجسم، ولابد من توازن البوتاسيوم والصوديوم مع الكالسيوم لسلامة عضلة القلب ولعدم التعرض لهياج الجهاز العصبى (فزيادة البوتاسيوم تؤدى للهياج كما فى نقص الكالسيوم)، إذ أن زيادة البوتاسيوم تعمل على ارتخاء القلب. ولاتحاد الأصول القاعدية (بوتاسيوم وصوديوم) بالأصول الحامضية (كبريتيك وكلوردريك) فى الجسم ، فيجب أن تكون كمية الصوديوم والبوتاسيوم فى الغذاء أكبر من كمية أحماض الكبريتيك والكلوردريك، حتى لاتظهر أعراض نقص البوتاسيوم ، أى أنه ينصح بأن يكون رماد الغذاء قاعديا . ويرتبط البوتاسيوم بميتابوليزم النيتروجين . وهو ضرورى للنشاط العضلى ، ويدخل فى بعض الأنشطة الإنزيمية(كرياتين) ، ويؤثر على ميتابوليزم الكربوهيدرات وميزان الماء .

امتصاصه :

يمتص البوتاسيوم من الأمعاء الدقيقة أساسا ، وكذلك من المعدة والأمعاء الغليظة ، وتبلغ نسبة امتصاصه ٨٠ – ٩٥٪ من المستهلك ، وقد يعوق ارتفاع نسبة اللحوم فى الغذاء من امتصاص البوتاسيوم ، وكذلك مضادات الكوكسيديا ومنظمات تخمر الكرش . ولاتتقبل الخيول ماء شرب عال البوتاسيوم ، لذا تتحصل عليه عن طريق العلف. وينظم ميتابوليزم البوتاسيوم (والصوديوم) بواسطة هرمونات القشرة

لغدد فوق الكلية. ويوجد إتزان أيونى بين كل من البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم .

تخزينه وإخراجه :

يوزع البوتاسيوم على العضلات بنسبة ٧٥٪ ، وكل من العظام والدم (والجلد) بنسبة ٥٪ ، وفى حالة نقصه يتحرك ١٠٪ من مخزون العضلات ، بينما يتحرك ٦٠٪ من مخزون العظام .

ويخرج البوتاسيوم (والصوديوم) أساسا مع البول ، وإذا زادت أملاح البوتاســيوم فى الغذاء أدى إلى هدم احتياطى صوديوم الجسم (ليخرج مع الزائد من البوتاسيوم) من أنسجة العظام مما يؤدى إلى سهولة كسرها لذلك فإن أفضل نسبة للصوديوم والبوتاسيوم فى الغذاء هى ٢ :١ . ويفرز البوتاسيوم كذلك فى الروث (١٣٪) ،واللبن (١٢٪) ، والعرق .

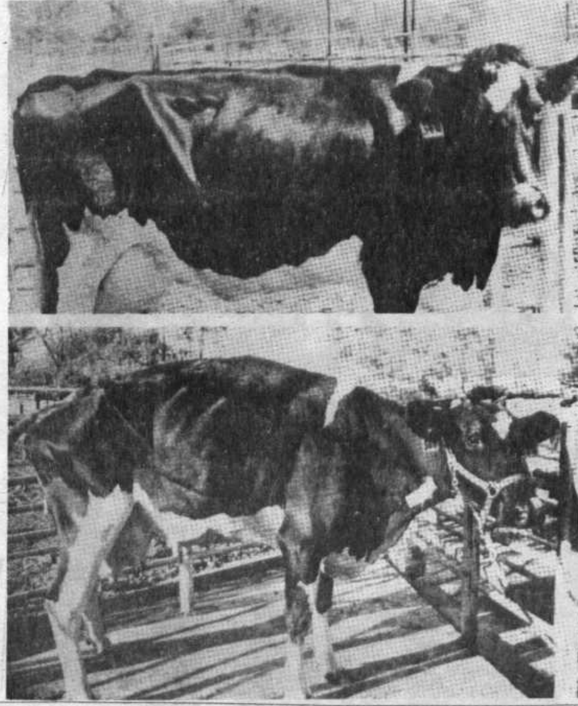
الإحتياجات :

تتوقف على النوع ، والإنتاج ، والطقس وغير ذلك ، فالخيول تفقد كميات كبيرة من العرق الغنى بالبوتاسيوم ، مما يزيد احتياجاتها حتى ٤ أضعاف الإحتياجات فى حالة الراحة، وإلا استعوضت الخيول من عضلاتها وعظامها ومن عضلة القلب ، حتى يظل مستوى بوتاسيوم الدم ثابت (بل قد يزيد) . ويضاف البوتاسيوم بنسبة ٠,٢ - ٠,٨ ٪ من العلائق ، خاصة للخيول وللغنم ، لضرورته لتحسين صفات الصوف ولمعانه، كما تتطلب إضافته للعلائق الغنية بالحبوب أو القش أو

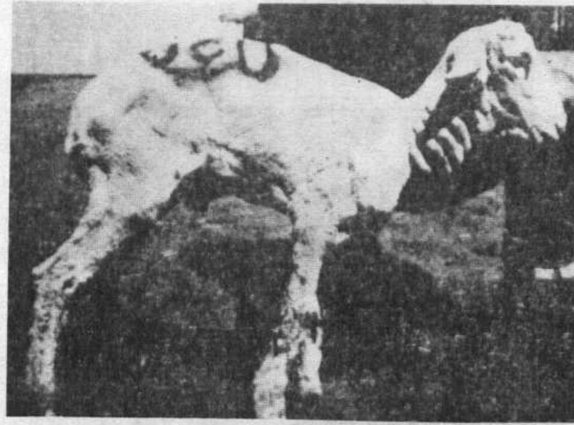
مساحيق السمك واللحم ، وللحيوانات غزيرة العرق ، وفى حالات الإسهال والقيىء المزمن وسيولة اللعاب،وفى تسمين الدواجن والخنازير ، وتزيد الإحتياجات فى حالة انتاج اللبن تحت ضغوط حرارية الى ١,٢ ٪ من العليقة. وتزيد احتياجات البوتاسيوم عموما تحت ظروف الضغوط المختلفة ، سواء الحرارية أو النقل والشحن مثلا ، وفى حالة الأمراض والحميات التى يصاحبها زيادة فقده .

نقصه وزيادته :

يؤدى نقص البوتاسيوم إلى ضعف العضلات وإصابتها بالشلل، مع فقد الشهية والضعف العام ، وضمور قنوات الكلية ، وتضخم القلب والكلى ، وينخفض بوتاسيوم الأعضاء والهيكل العظمى والبلازما واللعاب والبول والروث (وينشأ ميزان بوتاسيوم سالب) ، ويزيد صوديوم هذه الأنسجة ولا يختلف بوتاسيوم العرق ، ويحدث سرعة اجهاد وزيادة الإثارة ، ويقل ماء الشرب . وتنشأ اضطرابات ميتابوليزم البوتاسيوم لشدة العرق (خيول) ، والإسهال (عجول) ، والقيىء المزمن (كلاب)، وفقد اللعاب الغزير (مجترات)، وكذلك فى الإنسان فى الحميات والإسهال والقيء وغزارة العرق وغيرها ، مما يخفض من بوتاسيوم الجسم ويسحبه من العضلات (خاصة القلب) والعظام . ويرتبط نقص البوتاسيوم بغنى الكالسيوم والفوسفور. ويصاحب نقص البوتاسيوم كذلك ضعف النمو ، وانخفاض الكفاءة الغذائية، وضعف العضلات ، واضطرابات عصبية، وحموضة داخل الخلايا ، وتدهور الأعضاء الحيوية، وانخفاض انتاج اللبن ، وظهور عادة اللعق ، والرعشة . وقد تظهر



بقرة حلابة تعانى نقص البوتاسيوم (۱۲,۰ ٪) فانخفض استهلاكها للغذاء (٦٠ ٪) وانتاجها للبن (٥٤ ٪) وانخفض ماء الشرب (٤٣ ٪) فى خلال ٤ أيام ، وفى ثامن يوم (الصورة السفلى) انخفض وزنها ١٠٩ كجم ، وبعد ١٢ ساعة نفقت . قارن بالصورة العليا لنفس الحيوان على ١ر١ ٪ بوتاسيوم .





الحولى فى الصورة العليا يتناول عليقة ناقصة البوتاسيوم (١, ٠٪) بينما الحولى فى الصورة السفلى يتناول عليقة كافية المحتوى من البوتاسيوم (٦, ٠٪) .

أعراض نقص البوتاسيوم لنقص الماغنسيوم الذى يخفض امتصاص البوتاسيوم ويقدر نقص البوتاسيوم بتحليلة فى الغذاء .

وزيادة البوتاسيوم تعيق امتصاص الماغنسيوم ، لذا حددت أقصى مايحتمله الحيوان من البوتاسيوم بمقدار ٣٪ من العليقة. ويخرج البوتاسيوم الزائد بسرعة لذا لايحتمل حدوث سمية بوتاسيوم. وعدم كفاية الصوديوم تزيد بوتاسيوم اللعاب والمعدة، فلها فعل وآثار زيادة استهلاك البوتاسيوم ، فقد يكون لانخفاض استهلاك الصوديوم تأثير أشد على امتصاص الماغنسيوم عن تأثير زيادة استهلاك البوتاسيوم . وزيادة بوتاسيوم البلازما تشجع على إفراز الإنسولين ، الذى يحث البوتاسيوم للإنتقال إلى الخلايا لينخفض تركيزه فى البلازما ،كما يؤدى الإنسولين كذلك إلى سحب الماغنسيوم إلى الخلايا فينخفض تركيزه فى البلازما بالتالى . كما يساعد الألدوستيرون على إخراج البوتاسيوم فى البول فى حالة الزيادة المزمنة فى استهلاكه . إلا أن زيادة البوتاسيوم المستهلك تزيد إفراز البول ، وتؤدى لإنتاج روث مائى القوام، وقد تؤدى لرشح مهبلى ، وتأخير نمو المبايض ، وتأخير ظهور الشياع ، وزيادة حدوث الجسم الأصفر ،كما قد ترفع من كالسيوم الدم ، وتخفض النمو ، ويزيد كرياتينين الدم ، وتتلف وظيفة الكلى ، وتضعف العضلات ، وقد تحدث الوفاه .

الفصل السادس

الكلــــور CHLORINE (Cl)

الكلور أكثر الأيونات انتشارا بعد الصوديوم ، والكلور غالبا ما يوجد مرتبط بالصوديوم فى صورة ملح طعام (كلوريد صوديوم) ، ويحتوى جسم الإنسان البالغ على حوالى ٢٠٠ جم كلور ، معظمها فى سوائل الجسم خارج الخلايا (كالصوديوم) .

وجـــوده :

تحتوى البلازما ضعف محتوى خلايا الدم من الكلور ، يوجد فى العصير المعدى بنفس تركيزه فى الدم ، ١٥-٢٠ ٪ من كلور الجسم يوجد مرتبطا فى صورة مركبات عضوية . ويوجد أساسا فى ملح الطعام والحبوب . ويوجد الكلور فى سائل النخاع ، ويكون ثلثى الأيونات الكلية فى بلازما الدم .

وظيفته :

يشارك فى حفظ الضغط الأسموزى ، والإتزان الحامضى القاعدى ، وهو الأنيون الأساسى فى العصير المعدى (كجزء من حمض الهيدروكلوريك) ، فيحفظ الكلور ميزان السوائل وأيونات الجسم والإتزان الكيموكهربى ، وينظم امتصاص وتوزيع بعض سوائل الجسم وأيوناته وتكوين البول الطبيعى ، وينظم أسموزية سوائل أنابيب

الكلى (أى يدخل فى تنظيم عمل الكلى) ، كما يشارك فى نقل الإشارات العصبية ، وهو ضرورى لتنشيط الأميلاز .

امتصاصه :

يمتص الكلور من الجهاز الهضمى ، أساسا من الأمعاء الدقيقة ، وكذلك من المعدة .

تخزينه وإخراجه :

يخزن فى سوائل الجسم خاصة فى العصير المعدى ، كما يخزن الكلور فى الجلد وأنسجة ما تحت الجلد.

ويخرج الكلور أساسا فى البول كملح ، وكذلك فى الروث ، والعرق ، واللبن .

الإحتياجات :

تزداد الإحتياجات من ملح الطعام بارتفاع درجة الحرارة وبالعمل الشاق ، لحدوث العرق ، ويحتاج الجسم منه ٠,٢٥ - ٠,٥٠ ٪ من الغذاء (كملح) ، تزداد فى حالة انتاج اللبن ، تزداد الإحتياجات من الكلور عن الصوديوم لاحتواء اللبن من الكلور ضعف محتواه من الصوديوم .

نقصه وزيادته :

يتوقف نقص الكلور على نقص الصوديوم ، فيؤدى النقص إلى أعراض منها نقص وزن الجسم وإنتاج اللبن ، فقد الشهية ، سبات أو

نعاس ، هزال ، إمساك ، هبوط فى عضلة القلب ، جفاف اللبن (انقطاع انتاجه) ، وتكون أعراض النقص أكثر وضوحا فى حالة الطقس الجافة وارتفاع درجة الحرارة، وكذلك فى حالة سرعة النمو وغزارة انتاج اللبن . ويصاحب نقص الكلور نفس أعراض حمى نقص الصوديوم، لارتباط العنصرين فى صورة كلوريد صوديوم ، فتنخفض جودة الصوف ويتأخر النمو، ويقل إفراز اللعاب،وانخفاض انتاج البيض ، وظهور حالة اللعق للسطوح والأجسام المختلفة. وقد لاتظهر أعراض نقص ملح الطعام إلا بعد عام من التغذية الناقصة فى كلوريد الصوديوم، لأن الجسم يتحكم فيما يفرزه من كمية العناصر المختلفة . كما قد يؤدى نقص الكلور إلى تشنج عضلى وبلادة عقلية Mental Apathy ، ويزيد احتجاز الفلوريد فى الهيكل العظمى ، هبوط الدورة الدموية، اضطرابات ميتابوليزمية فى صورة نقص كلوريد وبوتاسيوم الدم مع قلوية الدم.

ورغم تحمل معظم أنواع الحيوانات لكميات كبيرة من ملح الطعام خاصة فى حالة وفرة ماء الشرب مما ينفى احتمال سمية الكلور، فإن زيادته تؤدى إلى القيىء، والمراعى الغنية بملح الطعام تؤدى إلى تسمم الحيوانات فتفقد شهيتها ونشاطها، وتضعف ويقل انتاجها، وتتآكل الأسنان ولاتنتظم ، ويتبرقش تاج الأسنان ، ثم تسقط الأسنان مع شدة حساسيتها للماء البارد، ويزيد تركيز الكلور فى الأسنان والعظام. ووجود الكلور فى الماء الشرب بمقدار ١-٢ جزء/مليون يمنع تآكل الأسنان ، بينما زيادته عن ذلك يعمل له حساب ، كما أن نسبته

المألوفة فى النباتات ١-٢ جزء / مليون ، أما فى النباتات القريبة من المصانع فترتفع نسبته إلى ٢٠٠ جزء / مليون فتصير سامة . ويؤدى التسمم بملح الطعام إلى الوفاة لعدم اتزان ميزان ماء الأنسجة، مما تفشل معه الكلى والأمعاء من التخلص من الماء الزائد فى تيار الدم . وتستخدم الكلورات كمبيد حشائش،وللملوحته فيجذب الحيوانات لتناوله فتتسمم ، لتكوين الميتاهيموجلوبين ، وزيادة يوريا الدم والهيموجلوبين فى البول ، ويعالج بالتقيؤ مع تناول أزرق الميثلين فى محلول مائى (٢٪) .

الفصل السابع

الكبريـــت SULFUR (S)

يوجد الكبريت فى الجسم بنسبة ٠,١٥ ٪ ، معظمها فى صورة عضوية ، خاصة الأحماض الأمينية (سيستين ، مثيونين ، سيستيئين) ، كما يدخل فى تركيب الثيامين (فيتامين B_1) والإنسولين ، ويوجد الكبريت فى الدم فى صورة ثيوسيانات وكبريتات وغيرها . ويحتوى الصوف على ٤ ٪ كبريت فى صورة سيستين ومثيونين . ويستخدم الجسم هذه الأحماض الأمينية الكبريتية لتكوين منظمات التمثيل الغذائى كالإنسولين والجلوتاثيون .

وجوده :

يوجد الكبريت فى الحبوب والنخالة، والأكساب، والكرنب، والأسماك والبيض (زلال)، والفيتامينات مثل الثيامين والبيوتين . فلا ينقص الكبريت فى غذاء كاف البروتين ، إذ أن هناك علاقة ما بين النيتروجين والكبريت ، وأفضل نسبة بينهما توفر الإستفادة العالية من الغذاء هى ١٥ : ١ .

وظيفته :

يدخل الكبريت فى كثير من العمليات الفسيولوجية والبيولوجية ، من بينها :

١ – فى تركيب الأحماض الأمينية الكبريتية ، فهو مهم فى تخليق البروتين .

٢– فى تركيب الإنسولين ، فيؤثر على مستوى سكر الدم .

٣– فى تركيب الجلوتاثيون ، فيؤثر على عمليات الأكسدة والإختزال .

٤– فى تركيب الثيامين والبيوتين ، فيؤثر فى الميتابوليزم والجلد والأظافر .

٥– فى تركيب العظام الرخوة والدم واللعاب .

٦– يحسن من انتاج الصوف وخواصه .

٧– يزيد من إخراج المولبيدنم .

٨– يدخل فى تركيب مساعد إنزيم A ، فيؤثر فى ميتابوليزم الدهون والكربوهيدرات .

٩– يدخل فى مجموعة السلفهيدريك ، فيؤثر فى التنفس الخلوى .

١٠– يدخل فى تركيب عديدات التسكر الكبريتية، مثل كوندرويتين Chondroitin المكون للغضاريف والعظام والأوتار وجدر الأوعية الدموية .

١١– يؤثر على تجلط الدم .

١٢- يؤثر على وظائف الغدد الصماء

١٣- يؤثر فى الإتزان الحامضى القاعدى للسوائل الخلوية وبين الخلوية .

امتصاصه :

تستفيد منه ميكروفلورا الجهاز الهضمى لبناء البروتين الميكروبى ، ويمتص من الأمعاء الدقيقة. ولايخضع الكبريت فى تمثيله تمثيل العناصر المعدنية الأخرى ،حيث أن جزء بسيط جدا من المهضوم يكون فى صورة غير عضوية ، ولاتفى بمتطلبات الجسم من الكبريت .

تخزينه وإخراجه :

معظم كبريت الجسم فى صورة أحماض أمينية كبريتية. ويتأكسد كبريت البروتين فى الجسم ويخرج فى البول بصورة رئيسية ، بينما القليل من كبريت البول يرجع إلى الكبريتات المهضومة. كما يفرز الكبريت كذلك فى الروث . وإفراز إيونات الكبريتات أصعب من إفراز أى صورة غير عضوية أخرى . ويحتوى البول على نسبة ثابتة بين الكبريت والآزوت عادة لارتباط الكبريت بهدم البروتينات .

الإحتياجات :

تزيد الإحتياجات من الكبريت بوجود كل من النحاس والموليبدنم، والكبريت يضاد سمية السيلينيوم ، والإحتياجات غير معروفة بالضبط، لكن تتراوح مابين ٠,١٠ و ٠,٣٢٪ للمجترات فى المرعى ، والحد

الأمثل من الكبريت للهضم (المعملى) للسليلوز يتراوح ما بين ٠,١٦ - ٠,٢٤ ٪ من المادة الجافة ، وعموما تحدد الإحتياجات الكبريتية من النسبة المثلى بين العنصرين الآزوت والكبريت ، فأنسجة الماشية تحتوى نسبة ١٥:١ بين هذين العنصرين ، وعليه فأفضل نسبة بينهما فى الغذاء للماشية يفضل أن تتراوح ما بين ١٢ و ١٥ : ١ ، ولمتطلبات انتاج الصوف تضيق هذه النسبة إلى ١٠:١ للأغنام. ويلاحظ أن عنصر الكبريت (كبريت زهر) كفاءته فى الإمتصاص ثلث كفاءة امتصاص الكبريت من الكبريتات أو الميثيونين .

نقصه و زيادته :

تظهر أعراض نقص الكبريت (والنحاس) فى وجود الموليبدنم ، لتأثير الموليبدنم على ميتابوليزم الكبريت ، والعلاقة المضادة بين الموليبدنم والكبريت تؤثر سلبيا على وفرة النحاس. ونقص الكبريت يخفض من معدل الهضم فى المجترات ، ومن استهلاك الغذاء ، ومن تخليق البروتين الميكروبى ، وذلك لدخوله فى تركيب الأحماض الأمينية الكبريتية ، التى تدخل فى تركيب البروتين الميكروبى (خلايا ميكروفلورا كرش المجترات) ، والتى تساعد على الهضم الميكروبى لعلائق المجترات . ولتشابه الكبريت مع السيلينيوم فى التركيب ، لذا يمكن للسيلينيوم أن يحل محل الكبريت فى بعض المركبات العضوية، وإن كان النشاط الميتابوليزمى لمركبات السيلينيوم أقل عن نشاط المركبات الطبيعية للكبريت . ونقص الكبريت يرتبط باستهلاكه وبنقص الأحماض

الأمينية الكبريتية. ويؤدى النقص الكبريتى إلى زيادة إفراز اللعاب وتهدل وسقوط الصوف ، فقد فى وزن الجسم ، ضعف، كآبة ، أعراض نقص البروتين ، زيادة تركيز اللاكتات فى الكرش والدم والبول . ويعتبر مستوى كبريتات السيرم دليل جيد لنقص الكبريت ، وكذلك لاكتات الدم وكبريت الغذاء قد تكون مؤشرات لحالة الكبريت . لذلك إمداد علائق المجترات بالكبريت يحسن بشدة من النمو، وانتاج اللبن . كما أن التسميد الكبريتى يحسن طعم المراعى غير جيدة الإستساغة .



حمل على اليسار يتغذى على كفاية من الكبريت (٣جم / رطل غذاء) ، وآخر على اليمين بدون كبريت يظهر سيولة فى إفراز اللعاب وتهدل وسقوط الصوف .

وزيادة الكبريت تزيد من الاحتياجات للنحاس، بينما زيادة الكبريت تضاد سمية السيلينيوم . واقصى ماتحتمله الحيوانات من الكبريت ٠,٤٠٪ من المادة الجافة الغذائية، وتحتمل المجترات مستويات أعلى من ذلك لكن من مكونات الغذاء الطبيعية، عما تحتمله من الكبريتات المضافة للغذاء. وزيادة الكبريت ربما تؤدى إلى السمية الحادة، بأعراض مرضية كالمغص ، رعشة العضلات، إسهال، جفاف حاد، رائحة قوية للكبريتيد فى النفس (الزفير) ، احتقان الرئات ، والتهاب معوى حاد ، وضعف النمو. وزيادة الكبريت المعدنى قد تكون خطرة ، لإنتاجه ثانى أوكسيد كبريت ، بواسطة بكتريا القناة الهضمية للمجترات ، وهو سهل الإمتصاص، فيؤدى لاضطرابات. وقد يحدث التسمم من التعرض للتلوث البيئى بتراب الكبريت ، أو ثانى أوكسيد الكبريت، أو كبريتيد الهيدروجين . فثان أوكسيد الكبريت ينشأ من محارق الفحم (محطات القوى الحرارية، والأفران الصناعية، والتدفئة المنزلية) ، ومصانع أحجار المواقد ، ووسائل المواصلات (خاصة التى تعمل بالديزل) ، وشركات انتاج حمض الكبريتيك، ومصانع السكر ، ومصانع تجفيف الحشائش ، ومصانع البيرة، ومسابك النيكل والنحاس . فيظهر التسمم بأعراض آلام، إسهال أسود ، صعوبة التنفس ،، رائحة الكبريتيد فى النفس ، خروج دم من المستقيم ، نكرزة واحتقان جدر المعدة، انخفاض الوزن والإنتاج واستهلاك الغذاء والماء، سرعة النبض ، انهيار، أنيميا تحللية، احتقان الكلى والتهاب كلوى حاد، نفوق فى

غيبوبة. ويعالج بالجلوكوز والجليسرين لرفع P^H الكرش . وارتفاع نسبة SO_2 تؤدى الى ضعف وسرطان الرئة واحتقانها مع أوديما، وشحوب لون الكبد . وزهر الـ ربت مستخدم كمقو ، وفى مقاومة الطفيليات الخارجية .

الباب الثالث

العناصر المعدنية الصغرى

MINORELEMENTS

(Trace or Microminerals)

الفصل الأول

الحـــــديد IRON (Fe)

من العناصر التى تحتاجها الخلايا الحية أساسا للأكسدة والإختزال، إذ أن الدم مسئول أساسا عن هذه العمليات ، بما يحتويه من هيموجلوبين أو ما يحتويه من أوكسجين . فهو المكون للهيموجلوبين ، والميوجلوبين ، وسيتوكروم، وإنزيمات البيروكسيداز ، وغيرها . ويحتوى الجسم على ٠,٠٠٤٪ حديد ، فجسم الإنسان البالغ يحتوى على ٤ - ٥ جم حديد ، منها ٦٠ - ٧٠٪ فى هيموجلوبين الدم ، ٣٪ فى ميوجلوبين العضلات ، ٢٦٪ مـــخزنه، وأقل من ١٪ فى مركبات نقل الطاقة والإنزيمات ، وفيما يلى توزيع الحديد فى الجسم :

المركب	الكمية فى الجسم (جم)	المحتوى الحديدى (جم)	المحتوى الحديدى ٪ من حديد الجسم
Hemoglobin	٩٠٠	٣	٦٠ - ٧٠
Myoglobin	٤٠	٠,١٣٠	٣ - ٥
Cytochrom C	٠,٨	٠,٠٠٤	٠,١ -
Catalase	٥	٠,٠٠٤	٠,١ -
Pyroxidase	-	-	-
Transferrin	١٠	٠,٠٠٤	٠,١ -
Ferritin	٢ - ٤	٠,٤ - ٠,٨	١٥ -
Hemosidrin	-	-	-
Porphyrin		٣,١٤٢	
Stored	.	١,٤٠٠	
Total		٤,٠٠ - ٥ر	

أى أن جملة صور الحديد المرتبط Porphyrin تشكل حوالى ٧٠٪ من جملة حديد الجسم ، بينما الباقى وهو أقل من ٣٠ ٪ من جملة حديد الجسم فيوجد فى صور مخزنه أساسا فرتين Ferritin . والحديد الغير عضوى الحر ضئيل جدا .

ويتأثر محتوي الجسم من الحديد بعديد من العوامل منها :

١- العمر : كلما تقدم العمر يقل محتوى الجسم من الحديد، فمعدل وجود الحديد فى الأرانب المولودة حديثا ١٣٥ جزء/ مليون ، بينما هى فى البالغين حوالى ٦٠ جزء / مليون ، والعكس فى الخنازير.

٢- الجنس : محتوى الحديد فى الإناث أعلى منه فى الذكور للفئران والجرذ والطيور .

٣- نوع الغذاء : تغذية الحيوان على البقوليات يزيد نسبة الحديد فى الجسم ، والعكس ، فالتغذية على النجيليات والأعشاب تزيد احتياج الحيوان من الحديد [لذلك نجد سكان الريف أفقر فى محتوى دمائهم من الفريتين لأنهم نباتيون لحد كبير، والألياف تخفض امتصاص الحديد لفقرها فينخفض تركيزه فى الجسم ، البرسيم الحجازى غنى بالحديد] .

٤- صحة الحيوان : سلامة الصحة تكون مصحوبة بارتفاع حديد الجسم، بينما الضعف والأنيميا يصحبها انخفاض مستوى الحديد.

فالاختلافات واضحة بين الأعمار والأنواع والأجناس وفيما يلى جدول يوضح أنواع مختلفة، ومحتواها من الحديد حسب العمر، وذلك بالجزء / مليون للنسيج خالى الدهن .

العمر	إنسان	خنزير	قط	أرنب	فأر
حديث الولادة	٩٤	٢٩	٥٥	١٣٥	٥٩
بالغ	١٤	٩٠	٦٠	٦٠	٦٠

فالإختلافات بين الأنواع عند الميلاد تعكس إختلافات فى مخزون الحديد فى الكبد ، ومستواه فى هيموجلوبين الدم ، فكبد الأرانب حديثة الولادة يخزن ثلث حديد الجسم . ذكور الإنسان تحتوى حديد أعلى من الإناث لفقد الإناث حوالى ١٤ مجم حديد فى ٣٥ - ٧٠ مل دم فى كل دورة شهرية ، بينما العكس فى إناث الطيور والفئران والجرذان ، إذ تحتوى حديد أعلى من الذكور .

وعادة يحتوى الكبد والطحال أعلى نسبة حديد ، يليها الكلية والقلب والعضلات والبنكرياس والمخ ، حتى يصل مستواه فى الأنسجة الأخيرة حوالى ٠,١ ماهو عليه فى الأنسجة الأولى . يعكس الكبد حالة مخزون الحديد ومستوى التغذية . تحتوى عضلات الحيوانات قدر أكبر من الميوجلوبين عن ماهو فى القلب . ينخفض حديد هيموجلوبين الخيول عن غيرها من الحيوانات .

وجوده :

صور الحديد فى الجسم : يوجد فى صورة حديدوز وحديديك ، والأول يتأين قليلا وهو ضرورى فى النباتات لتكوين الكلوروفيل، لا يوجد فى النباتات على صورة أملاح حديد، لكن فى صورة مركبات معقدة مع الأحماض العضوية ، ومن صور الحديد ما يلى :

١ - الهيموجلوبين فى كرات الدم الحمراء ويتكون من ٤ وحدات من Ferroprotoporphyrin مرتبطة مع البروتين Globin ، والوزن الجزيئى له حوالى ٦٥ ألف ، ومحتواه من الحديد ٠,٣٥ ٪ ،

ويعمل الهيموجلوبين كناقل للأوكسجين ، حيث أن الروابط ما بين الحديد والجلوبين تثبت الحديد فى الحالة المختزلة Fe^{++} ، وتسمح بالإرتباط العكسى مع الأوكسجين ، وعندما تتأكسد ذرة الحديد إلى Fe^{+++} ، كما هو الحال فى Methemoglobin ، فإنه يفقد قدرته على نقل الأوكسجين . ويختلف تركيز الهيموجلوبين بين الأنواع، وبإختلاف العمر والجنس ، فهو فى المجترات حوالى ١١ -١٢ جم/١٠٠ مل. ولانتقال الحديد فى الدم لابد من معرفة مصادر الحديد،

وهـى إما من الأكــل مباشـرة (حديدوز) ، أو من مخزون الجسم (فـرتين)، بعـد هدمـه بواسطة تنشـيط نقص مـحـتـوى الدم من الأوكسجين ، خاصة الدم الداخل للكبد . ولتخليق الهيموجلوبين نحتاج لهدم Ferritin ليمول الجسم بالحديد، وأشهر المركبات الحاوية حديد فى الدم هى Transferrin أو Siderophilin ، وهما ناتج إتحاد حديد مع بروتين β - Globulin – مع جلوكوز أو جلوكوز أمين ، وهذا المركب Transferrin يتحد مع شق الهيم فى النخاع الشوكى مكونا هيموجلوبين . وهناك فى البلازما مادة Ceruloplasmin تحول الحديدوز إلى حديديك، أى إنها مؤكسدة ، وتسمى علميا Ferro- G2 oxidoreductase - ، فهى تساعد على تخليق المواد العضوية الحاوية على الحديد ، نظرا لتحويلها الحديدوز إلى حديديك ، وهو الصورة التى تدخل مع المركبات العضوية .

٢– الميوجلوبين Myoglobin هو المركب المحتوى على الحديد فى العضلات ، وهو مكون من مجموعة واحدة من Ferrous Porphyrin مرتبطة مع البروتين Globin ، وله وزن جـزيئى ١٦٥٠٠ ، ومحتواه من الحديد ٠,١٢ ٪ ، وله قدرة أكبر من الهيموجلوبين على الإحتفاظ بالأوكسجين ، ولذلك فهو يعمل كمخزن للأوكسجين فى العضلات ، وفيه يرتبط الحديد بأربعة ذرات نيتروجين الموجودة فى حلقة البورفيرين ، كما يرتبط بذرة نيتروجين خامسة للحمض الأمينى هيستيدين Histidine بالجزء البروتينى جلوبين ، وترتبط ذرة الحديد إرتباطا سادسا مع الأوكسجين كجزىء ماء بمركب البورفيرين (إحلال

الكوبلت محل الحديد فى مجموعة الهيم يعطى فيتامين B_{12} وإحلال الماغنسيوم محل الحديد يعطى كلوروفيل) .

والفارق بين الميوجلوبين والهيموجلوبين راجع فى أن الهيموجلوبين وزنه الجزيئى أربعة أمثال الميوجلوبين، وإن كانت لهما نفس القوة الرابطة المكافئة للأوكسجين ، يحتوى الهيموجلوبين أربعة مجاميع هيم ، فى حين يحتوى الميوجلوبين على مجموعة واحدة ، وتختلف طريقة ربط الأوكسجين إلى الميوجلوبين عنها فى الهيموجلوبين ، فميل الأوكسجين للإتحاد بالميوجلوبين أكبر ، مما يساعد على نقل الأوكسجين إلى الأعضاء .

٣- حديد السيرم ونسبته ١ ٪ من الهيموجلوبين ، ويوجد حديد السيرم على هيئة مركب ترانسفيرين Transferrin ، مكون من جليكوبروتين Glycoprotein مرتبط مع ذرتين حديد Fe^{+++}، وهو يعمل كناقل للحديد ، وقد يكون له دورا فى المقاومة المناعية للجسم ضد العدوى ، وتحتوى البلازما الطبيعية على ٢٤٠ - ٢٨٠ مجم / ١٠٠ مل . ويوجد الترانسفيرين كذلك فى سائل النخاع الشوكى Gerebrospinal fluid . وتركيز الحديد فى البلازما حوالى ١٤٦ ميكروجرام / ١٠٠ مل فى الماشية وللغنم ١٧١ ميكروجرام / ١٠٠ مل بينما القدرة الإرتباطية الكلية للحديد فى الماشية ٤٩٢ ميكروجرام / ١٠٠ مل ، وللغنم ٣٤٦ ميكروجرام/١٠٠ مل .

٤- حديد مخزون فى صور غير هيمية وهى الفريتين Ferritin،

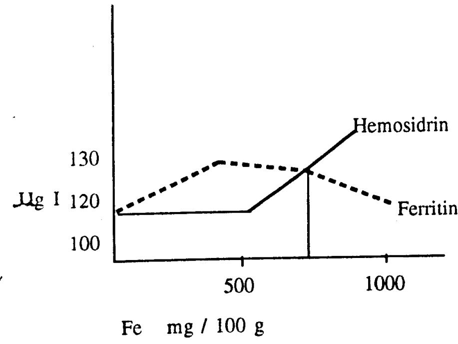
هيموسيدرين Hemosiderin ، وهما ناتج أكسدة الهيموجلوبين فى الجسم ويعتبرا احتياطى الحديد فى الجسم ، وهما مركبان غير متشابهان لاكيماويا ولابنائيا ، رغم إرتباطهما الوثيق فى العمل .

فالفريتين معقد من الحديد بنى ذائب فى الماء ، مكون من ٢٣٪ حديد ، ويحتوى على مركز من هيدروكسيد حديديك ، فوسفات حديديك محاطة بغلاف بروتينى Apoferritin مكون من ٢٤ تحت وحدة ، والوزن الجزيئى للبروتين حوالى ٤٥٠٠٠٠، وتركيب الفريتين $(Fe\ OOH)_8\ FeO_2\ PO_3H_2$ ، ويتكون الفريتين فى الكبد والطحال والكلية والنخاع العظمى ، ويلاحظ فى مخاطية الأمعاء لبعض الأنواع .

والهيموسيدرين تركيبة غير بللورى بنى مصفر غير ذائب فى الماء، غالبا من هيدروكسيد حديديك، ويحتوى فى المتوسط على ٣٥٪ حديد. حبيباته تحتوى على مركبات عضوية تشمل البروتين مثل Apoferritin ولايوجد الهيموسيدرين فى المجترات . تؤدى زيادة الحديد إلى التراكم ، لدرجة رؤية الهيموسيدرين ميكروسكوبيا فى خلايا الكبد.

والفريتين هو المخزن الغالب للحديد فى المحتويات العادية والمنخفضة من الحديد، أما عند زيادة تركيز الحديد ، فترتفع نسبة الهيموسيدرين ، إذ بزيادة تركيز الحديد فى الخلايا فإن الفريتين Dispersed ferri-tin يتركز فى الفراغات ويتدنتر Denaturated ، فيفقد ذوبانه فى الماء، وينكسر البروتين Apoferritin بواسطة إنزيم Intraccellu-

lar proteases ، وفى النهاية تتجمع جزيئات الحديد كونة هيموسيدرين .



ويستخدم الحديد من كل من صورتى التخزين بنفس القدر . وإن كان حديد الدم مرتبط بالسكريات فيسمى Saccharoted iron ، وإن كان متحدا بالدكسترين يسمى Dextran iron ، فإنه يختفى بسرعة لعدم ثباته ، ويسحب منها الحديد ، ويتحد فى صورة المعروفة ، وفى الحديد المرتبط بالدكسترين يكون أكثر ثباتا ويخزن حديدهما فى صورة هيموسيدرين (من حديد السكريات) ، أو فريتين (من حديد الدكسترين) .

وكما سبق ذكره فحديد الدم أساسا فى صورة هيموجلوبين وترانسفرين بنسبة ١٠٠٠ : ١ . ويتوقف مستوى الحديد فى البلازما على الإتزان الديناميكى الذى يحدد بالعوامل التالية :

أ- تخزين الحديد أو إزاحته بواسطة الأنسجة .

ب - معدل الإمتصاص من الأمعاء .

جـ - سرعة تكوين مركب الترانسفرين وهدمه .

د - سرعة تكوين الهيموجلوبين وتحطيمه .

فيحتوى الإنسان ٨٠٠ - ٩٠٠ جم هيموجلوبين فى جسمه، تتجدد كل ١٢٠ - ١٢٥ يوم ، أى تتحرر ٢٠ - ٢٤ مجم حديد يوميا من الهيموجلوبين المتحطم . يوجد الحديد كذلك فى عدد من الإنزيمات ، منها Catalases ، Peroxidases ، Cytochromes ، وغيرها .

مصادر الحديد :

تحتوى الحبوب النجيلية على حديد حر بمعدل ٣٠ - ٦٠ جزء / مليون ، وحبوب البقوليات أعلى عموما فى الحديد ، حشيش المراعى يحتوى ١٠٠ - ٢٠٠ جزء حديد / مليون جزء مادة جافة ، البرسيم الحجازى يحتوى ٨٠٠ جزء / مليون مادة جافة، إلا إنه عادة يستفاد بحوالى ٥٪ فقط من حـــديد الحشـائش . اللبن ناقـص فى الحديد و (النحاس) ، ومن مصادر الحديد الحيوانية اللحوم والكبد والكلى والطحـال والقلب وبعض الأسـمـاك (٤٧ - ٣٠٤ مـجم / كـجم عضـلات جافة) والبيض ، ومن مصادره النباتية البقوليات وقشور النجيليات والسبانخ والخضر . ومحتوى النباتات من الحديد متباين جدا

ويزيده التلوث من التربة والجو أو المعاملات المختلفة ، وغالبا يزيد فى مركزات البروتين النباتية (أعلى من ٨٠٠ جزء / مليون)، الحبوب منخفضة (أقل من ٤٠ جزء / مليون) ، والبقوليات أغنى من النجيليات النامية فى نفس التربة . كثير من حديد النباتات فى صورة معقد مع حامض الفيتيك . اللبن يحتوى ٠,٥ مجم / لتر ويزيد ٣ – ٥ مرات فى السرسوب ، ومعظم الحديد فى المصادر الحيوانية فى صورة حديد Iron ، أو بورفيرين Porphyrin. الحجر الجيرى وفوسفات الكالسيوم مصادر طيبة للحديد .

وظيفته :

يدخل الحديد فى تكوين الهيموجلوبين والميوجلوبين ، حيث يقوم الأول بنقل الأوكسجين من الرئة إلى الأنسجة ، ويمثل الثانى مخزنا للأوكسجين فى العضلات . كما يدخل الحديد فى الإنزيمات مثل Cytochromes وفى Oxidative Phosphorylation ، وكذلك فى كل من NAD - linked dehydrogenases ،Flavoproteins ، Catalases ، Peroxidases ، وغيرها ، فهو ضرورى للتنفس الخلوى .

وفيما يلى المركبات ذات الأهمية البيولوجية للحديد :

المركب	المحتوى الحديدى جم / مول	مصدره	وظيفتـه	وزنه الجزيئى
هيمو جلوبين	٤	خلايا الدم الحمراء	حامل للأوكسجين	٦٧,٠٠٠
ميوجلوبين	١	عضلات هيكلية	حامل للأوكسجين	١٦,٠٠٠
ستوكروم أوكسداز	٣	عضلات القلب	ناقل اليكترونات	٢٩٠,٠٠٠
سيتو كروم C	١	عضلات القلب	ناقل اليكترونات	١٢,٠٠٠
كاتاليز	٤	إريثروسيت الحصان	معطل للبيروكسيد	٢٥٠,٠٠٠
بيروكسيداز	١	فجل حار	معطل للبيروكسيد	٤٠,٠٠٠
سكسينيك	٤	القلب	ناقل اليكترونات	٢٠٠,٠٠٠
دى هيدروجيناز NAD دى	١٦ – ١٨	القلب	ناقل اليكترونات	٥٥٠,٠٠٠
هيدروجيناز مختزل زانثين أوكسيداز	٨	لبن	نقل اليكترونات	٢٩٠,٠٠٠

فالحديد يوجد فى الهيموجلوبين بمعدل حوالى ٦٥ ٪ من حديد الجسم، بينما يحتوى الكبد على ١٥ ٪ فقط من حديد الجسم ، والباقى (٢٠ ٪) موزع على باقى الأنسجة . فالحديد موجود فى المواد الحاملة للأوكسجين ، ونقصه يؤدى إلى فقر الدم، فهو مطلوب (مع النحاس) لتكوين الهيموجلوبين ومنع الأنيميا الغذائية، فالحديد يزيد كذلك نسبة الهيماتوكريت والكرياتينين،

ومعـدل انتاج اللبن .

امتصاصه :

يخضع امتصاص الحديد لنظام مغلق Closed system ، أى يمتص الجسم احتياجاته ويستخدمها أكثر من مرة . وتحت الظروف العادية تمتص كمية ضئيلة جدا من الغذاء (١٠-٢٠مجم)، وفى حالة الإنسان فإن الجسم يمتص ١٠٪ فقط من هذه الكمية يوميا، ويزيد معدل الإمتصاص عشرة أضعاف ذلك فى الظروف المرضية المسببة لنقص الحديد، فالإمتصاص يتوقف على مدى النقص الذى يعانيه الحيوان. ويكون الإمتصاص عن طريق المعدة والأمعاء (الإثنى عشر) ويتحكم فيها نظام خلايا المخاطية Mucosa . ويوجد الحديد فى صورة حديديك فى الغذاء ، ونادرا ما يوجد فى صورة حرة، بل غالبا مرتبطا بالأكاسيد وبالمركبات العضوية، ويمتص فى صورة أملاح حديدوز . ويؤثر على الإمتصاص محتوى الغذاء من الأحماض ، وكذلك حموضة المعدة، فيتحرر بهذه الحموضة من مركباته ليخرج فى صورة حديديك ، ثم يختزل الى حديدوز وهذه هى صورته فى الدم لأنه أكثر ذوبانا من الحديديك. ويحتاج تحويل الحديديك إلى حديدوز إلى مواد مختزلة (أى تعطى اليكترونات) ومن أهمها حمض الأسكوربيك ، ومجموعة HS الموجودة فى السيستين ، أما الفوسفات فلها تأثير عكسى يعوق الإمتصاص، لتفاعلها مع الحديدوز مكونه مركبا معقدا يصعب ذوبانه وامتصاصه، كما أن الأكسالات وحمض الفيتيك لهما تأثير

الفوسفات .

بعد امتصاص الحديدوز فى الدم ووصوله إلى الخلايا، يتحول إلى حديديك ويتحد مع بروتين Apoprotein مكون معقدا (يطلق عليه اسم يتوقف على نوع البروتين) وهو الهيموسيدرين أو فريتين . ولتكوين الفريتين يلزمه ATP ، والمادة المؤكسدة لتحويل الحديدوز إلى حديديك .

ويؤدى تخليق كرات الدم الحمراء إلى امتصاص الحديد لتكوينها، فيؤثر إيجابيا بسرعة امتصاص الحديد، كما تؤدى الأكسدة للحصول على ATP ، فتمكن من الإمتصاص،كما يزيد الإمتصاص بتكوين كل من هيموجلوبين،فريتين ، هيموسيدرين ، ويزيد الإمتصاص كذلك بوجود أحماض عضوية بالغذاء ، وكذلك فى حالة إنتاج بيض أو الحمل أو الأنيميا. مستوى المركبات البروتينية الحديدية فى الدم حوالى ١٢٠ - ١٤٠ ميكروجروام /١٠٠ مل دم ذكور الإنسان تنخفض إلى ٩٠ - ١٢٠ فى الإناث ، وهذا لايمثل السعة الحقيقية لما يمكن للدم استيعابه ، فقد تصل هذه السعة للجنسين إلى ٣٠٠ - ٣٦٠ ميكروجرام / ١٠٠ مل ، أى أن المرتبط مع الحديد يمثل ٣٠ - ٤٠ ٪ فقط من السعة الحقيقية، والباقى ٦٠ -٧٠٪ فى صورة حرة قابلة للإتحاد بالحديد لو زاد مستواه ، وذلك منعا من التسمم الحادث من زيادة تركيز الحديد . وفى حالة أنيميا نقص الحديد يكون معدل الروابط المشبعة بالحديد أعلى من الطبيعى ، بينما المركبات الحديدية منخفضة ،

والسعة الحديدية مرتفعة. أما فى الأمراض الكبدية فإن الروابط الحديدية (روابط لديها استعداد للإرتباط بالحديد لكنها خالية) والحديد المرتبط منخفضان معا، وعلى ذلك فإن النسبة المئوية لسعة المركبات الحديدية وغير المشبعة لاتختلف عن معدلها الطبيعى .

كمية الحديد المرتبط فى البلازما تصل الى ٦٠ ميكروجرام /١٠٠ مل فى فترة ٢٤ ساعة، وأدنى قيمة أمكن الحصول عليها بعد ساعتين من الإستيقاظ من النوم ، بينما أعلى قيمة بعد سبعة ساعات من الإستيقاظ .

ويدرس الامتصاص للحديد بعمل تجارب ميزان حديد أو قياس حديد السيرم بعد جرعة فمية Oral dose ، أو قياس الحديد المشع فى الهيموجلوبين ، أو فى الجسم كلية . والإمتصاص يتم بتركيز فى الحيوانات وحيدة المعدة فى الإثنى عشر . ونظرا لأن قدرة الجسم على إخراج الحديد محدودة فإنه عن طريق الإمتصاص يمكن التحكم فى الإتزان للحديد Homeostasis ، يضاف إلى ذلك مقدرة الجسم العالية على الإحتفاظ بالحديد فيه . وقد يكون للحديد ميكانيكية امتصاص تشابه مثيلتها لعناصر أخرى ، لذلك فإنه عند نقص الحديد يزيد إمتصاص العناصر المشابهة للحديد ، كالمنجنيز والزنك والنيكل والكروم والكوبلت.

وباستخدام الحديد المشع Fe^{59} لدراسة إعادة امتصاصه Turn over وجد أن :

أ- هناك حوالى ٢٧ مجم حديد تستخدم يوميا منها ٢٠ مجم يتحصل عليها من تحطيم كرات دم حمراء (هيموجلوبين) + كمية صغيرة جدا ممتصة جديدا + الباقى من الحديد المخزون فى الجسم .

ب - أن ٧٥٪ من الحديد المستخدم يوميا (٢٧ مجم) يستخدم فى تكوين الهيموجلوبين .

جـ - أن عملية التبادل بين حديد البلازما والحديد المخزن فى الأنسجة ضعيفة جدا، حيث وجد أنه فى حالة الإدماء الشديد يظل مستوى الحديد فى الدم منخفضا لمدة تقرب من أسبوع ، بما يوحى بأن حركة الحديد المخزون إلى البلازما منخفض جدا .

فيمتص الحديد فى صورة حديدوز Ferrous، وتأخذ الخلايا احتياجاتها منه من الدم إلى أن تتشبع الخلايا باحتياجاتها فتتوقف عملية الإمتصاص ، ثم يخزن الفائض بالخلايا بعد أن يتحد ببروتين ويكون Ferritin ، أى يتحول إلى صورة عضوية ، ويخزن فى هذه الصورة Apoferritin ، فيقل محتوى الخلية نتيجة التخزين ، فتمتص كميات أخرى من الأمعاء حتى تتشبع الخلايا بالحديد ، فينطلق إلى تيار الدم حيث يتحول إلى صورة حديديك Ferric ، أى يتأكسد ، وهو الصورة النشطة ، والذى يدخل فى تركيب الهيموجلوبين ، ثم تمتص الخلايا حديدوز مرة أخرى لإعادة اتزانها. أى أن سرعة بناء الهيموجلوبين تنبه الخلايا لامتصاص الحديدوز ، كما أن سرعة تخليق البروتين لتكوين فريتين ينبه كذلك الإمتصاص للحديد . وتزيد سرعة

الإستفادة من الحديد فى حالات المعاناه من نقصه والحديد الداخل فى تكوين الهيموجلوبين لايفقد عند تكسير الهيموجلوبين بل يدخل فى تكوين هيموجلوبين جديد . وينظم امتصاص الحديد فى الأمعاء اعتمادا على العمر ، ومستوى حديد الغذاء، وفترة الإستهلاك لهذا المستوى ، وجود الفيتامينات (حمض الأسكوربيك يزيد امتصاص الحديد لحدما، بينما الكاروتين يعوق امتصاص الحديد ، لذا ينصح فى حالات نقص الحديد بعدم التغذية على مواد غنية بالكاروتين، خاصة عند وأثناء العلاج بالحديد)، وصورة الحديد أو مركباته ، وعوامل الأمعاء وظروفها المؤدية الى فك بلمرة الحديد أو تمنع بلمرته فتشجع على امتصاص الحديد . فتناول الخضروات الطازجة والسلاطة أو الليمون مع اللحوم يساعد على امتصاص حديد اللحوم (ويقلل من امتصاص دهونها) ، لكن إضافة النيتريت إلى منتجات حديد اللحوم يقلل من استفادة الجسم من حديد اللحوم، وكذلك تانين الشاى يعوق امتصاص الحديد ، والإستفادة من كبريتات الحديدوز ٧٠ - ٧٥٪ ، ومن فيوميرات الحديدوز ٦٥ - ٧٠٪ ، ومن كربونات الحديدوز ٣٥ - ٤٠٪ .

تخزينه وإخراجه :

يخزن الحديد فى الكبد ، والعضلات ، والدم، والطحال،والكلى ، والنخاع العظمى ، وذلك فى أشكال معقدات مرتبطة بالبروتين (هيموبروتينات مثل الهيموجلوبين ، والميوجلوبين) ، وإنزيمات

بورفيرين (هيم إنزيم مثل سيتوكرومات وكاتالازو بيروكسيداز الميتوكوندريا والميكروسوم) ، أو كمركبات غير بورفيرينية (مثل إنزيمات حديد الفلافين ، وترانسفيرين ، وفريتين) .

ويخرج حديد الجسم فى الروث ، والبول ، والعرق ، والشعر ، ويعد النزيف أكبر وسيلة لفقد الحديد ، ويحتفظ عموما الجسم بقوة بالحديد الموجود فيه ، فنجد أنه بعد تحلل كرات الدم الحمراء فإن ٠,٥ ٪ من الحديد الموجود بها هو الذى يظهر فى البول والروث ، وباستخدام حديد مشع ^{59}Fe ، وجد أن ٨٤ - ٩٨ ٪ من الجرعة الفمية قد أفرز فى الروث ، بينما ٠,٠٤ - ٠,٠٩ ٪ قد أفرز فى البول . ومعظم الحديد المفرز فى الروث هو حديد غير ممتص . ويحدث فقد بسيط (وإن كان ملموسا) فى إفرازات الصفراء ، والجزء الذى يفرز من المرارة نتيجة هدم الهيموجلوبين يعاد امتصاصه فى الأمعاء ، أما الفقد الأساسى للحديد فعن طريق الجلد ضمن مكونات العرق (لفشل الكلى فى إخراج الحديد) . فقد وجد أن الحديد المفرز يوميا فى الروث للإنسان هو ١ مجم / يوم ، بينما فى البول ٠,١ - ٠,٣ مجم ، وفى الجلد ١,٧ - ٦,٥ مجم (يرتفع فى المناطق الحارة إلى ٦,٥ مجم) ، بينما يعاد امتصاص ٢٠ - ٢٤ مجم يوميا للنخاع الشوكى لتكوين كرات دم حمراء جديدة فى الإنسان . زيادة مستوى حديد العليقة لايزيد فى اللبن ، بينما انخفاضه يقلل انتاج اللبن .

الإحتياجات :

يحتوى الجسم مخزون كاف من الحديد فى الكبد، ولايتطلب إضافته فى الغذاء إلا فى حالات الحمل (وانتاج البيض) ، وللصغار بعد شهرين من الولادة ، لعدم كفاية حديد لبن الأم وحدة لاحتياجات نمو الصغار. وتحتاج الحيوانات الكبيرة ٣٠ - ٦٠ جزء / مليون ، بينما تحتاج صغار الحيوانات إلى ١٠٠ جزء / مليون حديد فى العليقة .

نقصه وزيادته :

قد يحدث نقص الحديد لنقص غذائى ، أو لنزيف ، أو لإصابة بالطفيليات (الماصة للدم)، أو لاضطراب ميتابوليزمى ، فتحدث الأنيميا (والتى يسببها كذلك نقص الكوبلت ، والنحاس ، وفيتامين B_{12} ، أو تسمم الموليبدنم ، والزنك ، والسيلينيوم ، أو النزف ، أو زيادة معدل هدم خلايا الدم ، أو لتثبيط تخليق مكونات الدم لإصابة بالطفيليات) . كما يؤدى نقص الحديد إلى زيادة نحاس الكبد وخفض نشاط كويريولوبلازمين ، ونقص الحديد (والزنك) يؤدى إلى خفض خلايا (T) فيثبط الجهاز المناعى ، وتنخفض المقاومة للعدوى ، وينخفض استهلاك الغذاء ووزن الجسم ووزن الذبائح ، وتقل ليبيدات الكبد . فالعجول المغذاه على لبن وبديلاته فقط تظهر أنيميا فى ظرف ٢ - ٣ شهور ، لأن مخزون الحديد فى كبد الحيوانات حديثة الولادة لايكفى لحفظ صورة الدم ثابتة لأكثر من ٢ - ٣ أسابيع ، فتصاب الحيوانات بالأنيميا ونقص النمو ، واسهال ، وشحوب لون الجلد والمخاطية ،

وأوديما الرأس والأرباع الأمامية ، وعدوى بكتيرية ، ونفوق مفاجىء ، لذلك تعالج بمركبات الحديد فميا (٢-٤ جم / يوم) لمدة أسبوعين . وأنيميا نقص الحديد من نوع Microcytic anaemia فيقل مستوى الحديد فى أنسجة وسوائل الجسم ،وتظهر صعوبة التنفس ،وتفقد الشهية، ويظهر الضعف العام وفقد الوزن والموت ، وقد ينخفض هيموجلوبين الدم إلى ٣ -٤ جم / ١٠٠ مل ، ويتشقق اللسان ويتثلث ، ويقل نشاط الإنزيمات المؤكسدة والمختزلة التى يدخل فى تركيبها الحديد .



بقرة تعانى من نقص الحديد ، هيموجلوبينها انخفض إلى ٤,٨ جم/١٠٠ مل .

أما زيادة الحديد فتؤدى إلى التسمم ، لعدم القدرة على إخراجه ، وتشبع الأنسجة بمركب الحديد المتكون والمسمى بالهيموسيدرين -He mosiderin ، فتسمى عملية التسمم هذه بالهيموسيدروزيس -Hemo siderosis ، وفيها يتلون الجلد باللون البرونزى أو الحديدى ، وتعرف بحالة Hemochromotosis . وقد تنشأ هذه الحالة للزيادة المرضية فى عملية الإمتصاص (من ١,٥ - ٢٪ إلى ٢٠ - ٤٥٪) ، فتتراكم كميات كبيرة من الحديد (٤٠ - ٥٠ جم) فى الأنسجة ، مما يتحطم معه الكبد أو البنكرياس مسببا مرض السكر . وبعض القبائل الإفريقية التى تتغذى على الذرة فى أوان حديدية يحدث لهم مرض -Bantusi derosis ، مؤديا إلى تلون الأنسجة والأعضاء وتلفها ، ويلاحظ أن النساء الحوامل فى هذه المناطق يصبن بأنيميا نقص الحديد بعد الولادة . ويؤدى تسمم الحديد إلى خفض إنتاج اللبن ووزن الجسم ، وزيادة تركيزه فى الكبد والطحال والقلب والكلى والعضلات الهيكيلة، وزيادة الهيموجلوبين، وانخفاض تركيز الكالسيوم والفوسفور والنحاس والزنك والسيلينيوم، وقد يحدث اسهال،وانخفاض درجة حرارة الجسم ، وحموضة ميتابوليزميه ، وتليف كبدى. وأقصى حد مأمون للمجترات ١٠٠٠ جزء / مليون فى الغذاء وللدواجن ١٦٠٠ جزء / مليون (الحيوان يحتمل تركيز أعلى من كربونات الحديدوز عن كبريتات الحديدوز) . ويزيد فيتامين C (يحول الحديديك إلى حديدوز) من امتصاص الحديد، وكذلك يفعل البروتين (لمحتواه من الأحماض الأمينية الكبريتية ، فالكبريت مختزل) . وسمية أيونات الحديد الحرة فى

السوائل سببها دنترة للبروتين والإنزيمات . وقد تؤدى زيادة الحديد الى ظهور الأسقربوط ونخورة العظام ، أى لأعراض نقص فيتامين C . كما يحدث نزف والتهاب المعدة والأمعاء ، وقيىء ، وتشنج ، وغيبوبة كبدية ووفاة ، وهى منتشرة فى أطفال أمريكا . فزيادة حديد الدم قد تكون سببا فى زيادة الإصابة بالنوبات القلبية ، وانسداد الشرايين (لتجميده للجلطات) ، وارتفاع ضغط الدم . وزيادة تناول الحديد عن ٢٠٠ مجم / يوم تؤدى للتسمم ، والذى قد ينشأ من الطهى فى أوان حديدية، أو لتحلل كرات الدم الحمراء (كما فى حالات الإصابة بالملاريا) ، أو قد يكون سبب الزيادة وراثى . وطحن التوابل فى المطاحن التجارية ذات الأقراص الحديدية، يزيد محتوى التوابل المطحونة من الحديد بمعدل ٣-٥ أضعاف الحديد فى التوابل المطحونة بالهاون أو المدقات أو أحجار الطحن أو الخلاطات ، وأعلى محتوى للحديد يوجد فى الكركم كأعشاب صلبة القوام. ويعالج تسمم الحديد بالغسيل المعدى ببيكربونات الصوديوم .

وبتحليل محتوى الحديد فى بحيرة المنزلة ، وجد أنه يزيد فى الشتاء عن الربيع فى مياه ورواسب البحيرة، وتركيزه أعلى فى الرواسب (٣٣١ -٣٧٩ جزء / مليون) عنه فى المياه (٠,٤٢ - ٠,٧٥ جزء / مليون) ، وتركز فى عضلات أسماك الطوبار (١٠٤ -٣٠٤ جزء /مليون مادة جافة) عنه فى البورى (١٧٧ - ٢٢٢ جزء / مليون) والدنيس (٤٧-١١٨ جزء /مليون). ولوحظ أن محتوى حديد البحيرة يفوق الحد الخطر فى الماء (٠,٣ جزء / مليون) .

الفصل الثانى

الزنـــــك ZINC (Zn)

لقد اكتشف منذ نحو قرن أن الزنك أساسى لنمو فطر الأسبرجلس نيجر . ويوجد الزنك بتركيزات عالية فى العظام، والعين ، والبروستاتا وإفرازاتها ، والجلد وزوائده ، والشعر والصوف وأنسجة البشرة المختلفة، ويحتوى الجسم منه على حوالى ٣ مجم / ١٠٠ جم .

وجـوده :

أفضل مصادر الزنك هى الأغذية الغنية بالبروتين، فيوجد الزنك فى اللبن (٤مجم/لتر) وبتركيز ٣-٤ مرات أعلى فى السرسوب ، ومحتواه فى الكبد أعلى من البنكرياس ، وهذا أعلى من الغدة النخامية، فالكلى وغدد فوق الكلية ثم الرئة فالقلب فالعضلات الهيكلية. ويزيد محتواه فى الكبد والبنكرياس والسيرم واللبن بزيادة محتواه فى الغذاء . وتركيزه فى الدم حوالى ٢ مجم / لتر ، نصفها فى البلازما. وزنك اللبن مرتبط بالبروتين ، وزنك البلازما مرتبط بالألبيومين (٦٦٪) والجلوبيولين (٢٢٪) أو حر (١٢٪) ، ومعظم زنك كرات الدم الحمراء فى إنزيم كربونيك أنهيدراز . كما يوجد فى البيض (١مجم / بيضة) ومعظمه فى الصفار . ومعظم الأنسجة الحيوانية تحتوى على أقل من ٣٠ جزء / مليون (بدون تلوث من مصدر خارجى)، والبقوليات أغنى من النجيليات فى محتواها من الزنك ، ويقل محتوى الزنك بتقدم عمر

النبات ، ومعظم زنك النجيليات يوجد فى الجنين والطبقة الخارجية للحبوب . الأغذية النباتية البروتينية تحتوى ما بين ٤٠ و ٨٠ جزء / مليون، بينما المصادر البروتينية الحيوانية معظم محتواها من الزنك يأتى من التلوث أثناء التجهيز . الأغذية الغنية بالفيتات تكون معقدات مع الزنك تجعله أقل إتاحة للإستخدام خاصة فى وحيدات المعدة. ولقد ثبت نقص البرسيم فى محتواه من الزنك عن احتياجات الحيوانات . ويوجد الزنك فى عضلات الأسماك المختلفة بتركيز ٥٣ - ١٧٠ جزء / مليون (مادة جافة) .

وظيفته :

الزنك ضرورى لسلامة الجلد ، والنمو،وكفاءة التحويل الغذائى ، وجودة فقس البيض وتكوين العظام ، والترييش ونمو الشعر والصوف . كما يفيد الزنك فى علاج سمية الكادميوم ، إذ بينهما علاقة تنافسية للإرتباط بالبروتين ، ويستخدم الزنك فى وقاية الماشية من التسمم بالسم الفطرى سبوريدزمين . هذا علاوة على دخول الزنك فى عديد من النظم الإنزيمية ، التى تنتمى للإنزيمات المعدنية Metalloenzymes ، والإسترازات Esterases ، والببتيدازات Peptidases ، فيدخل الزنك فى تركيب كل من الكربوكسى ببتيدازات Carboxy Peptidase A & B ،والكربونيك أنهيدراز Carbonic Anhydrase، والفوسفاتاز القاعدى Alkaline Phosphatase ، والدى هيدروجينازات ثنائية الببتيد الكلوى Renal Dipeptidase Dehydrogenases ، والدى

هيدروجينازات المختلفة مثل Alcohol Dehydrogenase ,Glutamate Dehydrogenase ،Malate Dehydrogenase ، والسيتوكروم المختزل لللاكتات D- Lactate Cytochrome Reductase . فالزنك يوجد فى إنزيم التنفس الخلوى كـربونيك أنهـيـدراز ، الذى يعـمل على التخلص من ثانى أوكسيد الكربون ، كما ينشط الزنك إنزيم الفوسفاتاز القـاعـدى . كـمـا أن للزنك دور فى الإنقـسـام الخلوى ، لارتبـاطه بالأحماض النووية ، إذ يكون الزنك معقدات مع النيوكليوتيدات ، كما أن للزنك دور فى حفظ تركيب RNA , DNA والريبوسومات ، ويلزم الزنك لتكوين DNA . ويدخل الزنك فى تركـيب ووظيـفـة وانتـاج وتخزين وافراز كثير من الهرمونات كالإنسولين ، والجلوكاجون Glu-cagon ، والكورتيكوتروفين Corticotrophen ، وغـيـرها. وللزنك كذلك علاقة بالتئام الجروح ، وبنقل فيتامين A والإستـفادة منه ، وبالتطور الجسـمى والجنسى ، وبميتـابوليـزم الكبـريتـات ، وبتـخليـق البروتين .

امتصاصه :

يمتص الزنك فى الأمعاء الدقيقة وكذلك فى الكرش وفى الأمعاء الغليـظة ، ووجود المعقدات الطبيعية كالفيتات تقلل من امتصاص الزنك،كما تقلل الفوسفات والكالسيوم والألياف من امتصاص الزنك ، بينما المعقدات المخلقة مثل Ethylene Diamine Tetra Acetate (EDTA) والنحاس تزيد امتصاصه ، وامتصاصه من المصادر الحيوانية

أعلى منه من المصادر النباتية، كما أن امتصاصه فى الصغار أعلى منه فى الكائنات المسنة . والزنك عموما متباين الإمتصاص (٣-٨٠٪) ، ويزيد الإمتصاص بحموضة المعدة وفى حالة الإحتياج اليه ، ويقل الإمتصاص بوفرته فى الغذاء ، كما يتأثر ميتابوليزمة بمخزون الجسم من الزنك .

تخزينه وإخراجه :

فى حالات سوء تغذية الأعضاء Dystrophy يتركز الزنك فى الأعضاء الضامرة، لحماية الكائن من نقص الزنك . ويتركز الزنك فى المناسل والكبد والبنكرياس والكلى والمخ بتركيز أعلى مما فى العضلات ، وهو منتشر فى كل أعضاء الجسم .

ويخرج الزنك أساسا فى الروث (٧٠٪)، ولحد ما فى البول (٢,٠٪) ، وتزيد EDTA من خروج الزنك فى البول ، ويقل الخارج من الزنك فى الروث بزيادة حاجة الجسم للزنك .

الإحتياجات :

تتوقف الإحتياجات على التركيب الكيماوى للمركب مصدر الزنك ، وعموما تتراوح احتياجات الزنك ما بين ٣٠ - ٧٠ مجم / كجم غذاء جاف ، وتزيد الإحتياجات للزنك فى حالة زيادة كالسيوم الغذاء أو الفيتات، وفى حالات الحمل والرضاعة والنمو .

نقصه وزيادته :

يؤدى نقص الزنك إلى تشوية العظام ، وقصر العظام الطويلة ، وتضخم المفاصل ، وتقل نسبة فقس البيض، ويحدث تقرن واحمرار للجلد ، وخاصة للآذان والأظافر والحوافر . وبانخفاض زنك الغذاء ينخفض زنك الكبد والبنكرياس والعظام ، وبالضغوط الحرارية العالية ينخفض زنك السيرم، والذى ينخفض كذلك فى حالات الحموضة الميتابوليزمية Ketosis ، والتهاب الضرع Mastitis ، وبتقدم الحمل أو العمر . كما يقل زنك الكلى بزيادة حديد الغذاء . ومن أعراض نقص الزنك كذلك خفض استهلاك الغذاء ، ووزن الجسم ، والكفاءة الغذائية ، وانخفاض زنك العيون الذى بالتالى يخفض من تخليق البروتينات وأهمها الأوبسين الداخل فى تركيب رودوبسين العيون ، وانخفاض نشاط الفوسفاتاز القاعدى فى السيرم والعظام ، والكاربوكسى ببتيداز A فى البنكرياس، سيولة اللعاب ، ضمور الخصى وتشوه السبرمات ، تأخر التئام الجروح ، ينخفض تركيز الحمض النووى DNA فى الكبد والعضلات ، ويزيد جلوكوز السيرم والوزن النسبى للكبد وجليكوجين وليبيدات الكبد ، ويقل احتجاز الآزوت والكبريت ، وينخفض هيموجلوبين الدم . وقد تظهر أعراض نقص الزنك مصاحبة لأمراض الكلى وتليف الكبد ، والسكر وسرطان الدم . كما قد يؤدى نقص الزنك إلى اضطراب الألياف العصبية . كما قد يرجع نقص الزنك لسوء التغذية ، أو كبر العمر ، أو خلل نسبة البروتين / للطاقة ، أو لزيادة ألياف وكالسيوم وفيتات الغذاء ، أو لسوء الإمتصاص ،

والاسـهـال ، واضطرابات الجـهـاز الهـضـمى ، والإضـطرابات الوراثيـة ، وزيادة الفـقـد فى البـول ، والجـراحـات ، والحروق ، والعـرق ، وأمـراض الجلد . ونقص الزنك فى الغذاء يؤدى إلى مرض التقذم الغذائى خاصة فى ريف ايران ، ومـصـر ، وتركـيـا ، وتونس ، والمغـرب ، والبـرتغـال ، وبانامـــا. فنقـــصــــه يؤدى لاضطرابات هرمـــونيـــة (إنســـولين ، أدرينوكورتيكوتروبين ، هر مونات النمو والجنس) وإنزيمية ، كـما تقل الإستـفـادة من الأحـمـاض الأمـينيـة فى تخليق البـروتين ، كـمـا تضـار أعضاء الجنس والتناسل فى الجنسين . فالزنك يعوز تربة ونباتات وأنسجة حيوانات مناطق استوائية عديدة .

ولقـد تم تشـخـيص ١٦ حـالة نقص ثانوى للزنك من الصـورة المرضية وتحليل الدم والعلائق ، فأظهرت عجول الجاموس سقوط الشعر alopecia وتقـرن الجلد وضعف عام ، وبتحليل العـلائق احتـوت حـد أدنى من الزنك (٢٣,٢ جزء / مليون) مع زيادة الكالسيوم (١,٤٦ ٪) والفوسفور (٠,٩٣ ٪) ، وبتحليل الدم ظهر انخفاض فى مستوى زنك السيرم وفى نشاط الفوسفاتاز القاعدى والبروتين الكلى . وقد استجابت العجول بتناول كبريتات الزنك (٢جم / أسبوع) وتحسنت جلودها وظهر الشعر فى المناطق العارية .

كما تم تشخيص أمراض سوء تغذية العضلات الغذائى (NMD) وتقـرن الجلد الراجع لنقص الزنك فى ٢٠ حـولى مـحلى عـمـر ٢-٤

شهور، وكانت الأعراض المرضية لسوء التغذية العضلى هى الرعشة، وورم العضلات المتأثرة، وتصلب المفاصل، وتقوس الظهر، وعدم القدرة على الحركة ، هبوط الدورة التنفسية . وأظهرت الحوالى تقرن حول العين والأنف والأقدام مع ورم التاج Coronet ومفصل القدم Knuck-ling ، وأظهر تحليل الدم زيادة تركيزات انزيمات العضلات مثل أسبارتيك أمينو ترانس فيراز، والكيراتين فوسفوكيناز، والفوسفاتاز القاعدى مع انخفاض سيلينيوم وزنك السيرم والعليقة وارتفاع كالسيوم وفوسفور العليقة عن الموصى به .

أما سمية الزنك فتؤدى إلى انخفاض كل من استهلاك الغذاء ، والنمو ، والكفاءة الغذائية ، وتظهر حالة أنيميا ، وينخفض انتاج اللبن ، ويحدث إسهال ، وشلل ، والتهاب الأمعاء ، وانخفاض الوزن النسبى لأعضاء الجنس وحجم البنكرياس ، وتطور السرطانات ، والنفوق . وتتوقف قدرة الكائن على تحمل مستويات عالية من الزنك على المحتوى النسبى من الكالسيوم والنحاس والحديد والكادميوم والتى يتداخل الزنك معها فى الإمتصاص والإستفادة ، لذا يخشى من زيادة الزنك للمجترات مثلا عن ٥٠٠ جزء / مليون فى الغذاء . فزيادة الزنك تؤدى إلى حمى وغثيان وقيىء ، وتظهر نقص النحاس والحديد (لعلاقة التضاد بين الزنك وكل من النحاس والحديد) ، والأفراد الحامل أكثر عرضة للتسمم عن غيرها . وزيادة الزنك يخفض من انتاج البيض ، لذا يستخدم كوسيلة للقلش للراحة من إنتاج البيض . وزيادة الزنك تقلل من امتصاص الكادميوم والحديد . وفى الإنسان يظهر التسمم الحاد بالزنك



أغنام سودانية تعانى من نقص الزنك بسقوط أصوافها

فى شكل قيىء وإسهال ، والحد الأدنى السام للإنسان ٢٠ - ٢٥ مرة أعلى عن الإحتياجات الغذائية الطبيعية ، وحد السماح للزنك فى الأغذية ٥٠ مجم / كجم ، أو ٥ مجم /لتر مشروبات ، ١٠٠ مجم /كجم جيلاتين ، وإن زاد هذا الحد عن ٥٠ مجم / كجم فى الرنجة والمحار والقشريات والحبوب والأعضاء الداخلية للحيوان .

أظهر تحليل الزنك فى بحيرة المنزلة أن تركيزاته تزيد فى الشتاء عن الربيع فى المياه والأسماك، وتركز فى السمك عنه فى رواسب البحيرة (٢١,٥ جزء / مليون) ومياه البحيرة (٠,٥٧ -١,٥٨ جزء / مليون)، وكان مستواه فى عضلات أسماك البورى (١١٣- ١٥٣ جزء / مليون مادة جافة) أعلى مما فى الطوبار (٧٢,١ - ١٤٢ جزء / مليون) والدنيس (٦٧,٣ -٧٧,٣ جزء / مليون) ، وكان مستواه فى مياه البحيرة أعلى من الحد الخطر (٠,١ جزء / مليون) ، علما بأن حد السماح من الزنك في الأسماك ٢٠٠ - ٢٥٠ جزء / مليون مادة جافة . وقد يصل مستوى الزنك فى المحاريات الى ٦٧ - ٣٧٠٠ جزء / مليون مادة جافة .



بقرة من جنوب أفريقيا تعانى من أعراض نقص الزنك فى شكل انتشار سقوط الشعر Alopecia ، وإدماء الجلد المقشر

المنجنيز MANGANESE (Mn)

يوجد المنجنيز Mn فى أنسجة الجسم بتركيزات منخفضة جدا ورغم ذلك فله وظائف أساسية فى الجسم ، وأعلى تركيزات المنجنيز توجد فى العقد الليمفاوية والكبد والكلى والشعر والصوف والبنكرياس والأجهزة التناسلية . ولايختلف كثيرا محتوى المنجنيز فى نفس العضو أو النسيج باختلاف نوع الحيوان أو عمره . والجدول الآتى يبين تركيز هذا العنصر فى أكثر الأنسجة احتواء عليه :

النسيج	تركيز المنجنيز جزء / مليون فى		
	الإنسان	الأرنب	متوسط مجموعة من الأنواع
العظام	-	-	٣,٣٠
الكبد	١,٦٨	٢,١٠	٢,٥٠
الكلى	٠,٩٣	١,٢٠	١,٢٠
البنكرياس	١,٢١	١,٦٠	١,٩٠
النخامية	-	٢,٤٠	٢,٥٠
المبيض	٠,١٩	٠,٦٠	٠,٥٥
العضلات	٠,٠٩	٠,١٣	٠,١٨
الطحال	٠,٢٢	٠,٢٢	٠,٤٠

هذا ويبلغ محتوى جسم الإنسان من المنجنيز حوالى ١٢-٢٠ مجم، أى حوالى ٢٠ ٪ من محتوى النحاس أو ١ ٪ من محتوى الزنك ، وفى الماعز يكون تركيز المنجنيز فى أنسجة الذكور أعلى منها فى الإناث. ومنجنيز العظام لايعد مخزونا، وذلك لبطء تبادله مع منجنيز الأنسجة الأخرى . ويعتبر الكبد ذا قدرة محدودة على تخزينه بالنظر إلى مقدرته على تخزين الحديد والنحاس ، فقد وجد أن رفع محتوى الغذاء من المنجنيز لايؤدى إلى زيادة ملموسة فى تركيز منجنيز الكبد . وقد وجد أن تركيز هذا العنصر فى كبد الحيوانات حديثة الولادة منخفض . أما منجنيز الشعر فقد يعكس حالة الحيوان من حيث المنجنيز بدرجة أفضل من محتوى منجنيز أى جزء آخر من الجسم ، فقد وجد تركيز منجنيز شعر الماعز الناقصة التغذية فى المنجنيز كان ٣,٥ جزء / مليون فى حين كان تركيزه ١١,١ جزء / مليون فى شعر الماعز المغذى على كفاية من المنجنيز ، وتجدر الإشارة إلى أن محتوى الشعر الأحمر أعلى من محتوى مثيله الأبيض فى نفس الحيوان، وكذلك فإن الشعر الأسود أغنى فى محتواه من المنجنيز عن الشعر الأبيض. وقد وجد أن محتوى الصوف من المنجنيز كان ٦,١ جزء / مليون عندما أعطيت الحملان عليقة منخفضة جدا فى المنجنيز بالمقارنة بما وجد فى حملان المقارنة والتى بلغ ١٨,١ جزء / مليون .

منجنيز الدم يختلف فى تركيزه اختلافات كبيرة ، فيبلغ التركيز نحو ٢٠ ميكروجرام / لتر وأقل من ذلك ، ويبدو أن معظم المنجنيز فى السيرم مرتبط مع الجلوبيولين .

والمنجنيز فى اللبن للأبقار يبلغ ٣٠ ميكروجرام / لتر فى المتوسط وفى السرسوب ١٣٠-١٦٠ ميكروجرام / لتر ، وزيادة المنجنيز فى العليقة لايؤدى إلا إلى زيادة بسيطة فى تركيزه فى اللبن . أما فى البيض فتحتوى بيضة الدجاج على ١٠ - ١٥ ميكروجرام منجنيز ويختلف هذا المحتوى باختلاف محتوى الغذاء .

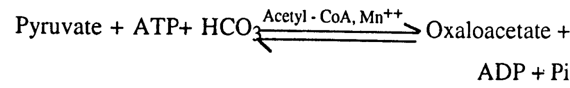
وجـــوده :

يوجد المنجنيز فى أشكال مختلفة أهمها الأوكسيد $M_n O_2$ ، وأغنى الأغذية بالمنجنيز هى الحبوب الكاملة ومنتجاتها (أعلى من ١٠٠ جزء / مليون على أساس المادة الجافة)، والنقل Nuts ، وصفار البيض والأغذية الخضراء ، بينما الأغذية الأخرى محتواها أقل غالبا عن ٣٠ جزء / مليون ، لذا قد يضاف للأغذية أو يتم تناوله فى صورة كبريتات (أو أوكسيد) منجنيز . ويوجد المنجنيز فى الجسم فى إنزيم بيروفات كاربوكسيلاز Pyrovate Carboxylase فى الميتوكوندريا ، وهو عبارة عن منجنيز مرتبط بالبروتين ، وهناك مركب آخر فى كرات الدم الحمراء عبارة عن منجنيز - بورفيرين Mn- Porphyrin ، كما أمكن التعرف على معقدات من المنجنيز مع الأحماض النووية RNA, DNA، وفى الكبد يوجد معظم المنجنيز فى مستخلص الأرجيناز Arginase ، وفى العظام يوجد المنجنيز مرتبطا مع الجزء غير العضوى والقليل مع المادة العضوية . وتحتوى عضلات الأسماك على ٧ - ٢٦ جزء / مليون منجنيز (فى المادة الجافة) .

وظيفته :

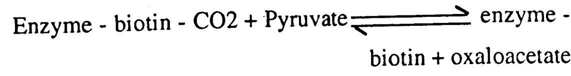
المنجنيز ضروري لتكوين العظام، ومنع التهاب الوتر Slipped tendon (Perosis) أو ضعف الساق ، وللنمو وانتاج البيض وارتفاع نسبة الفقس . فنقصه يؤدى إلى خلل فى نمو العظام، إذ تقصر وتتعرج ويسهل كسرها، وتتضخم المفاصل وتصبح المشية متصلبة وتقاوم الحيوانات المشى ، وتتوقف حدة الأعراض على مدى النقص وفترته .

وللمنجنيز أهمية للنشاط الإنزيمى ، إذ وجد أن فوسفاتاز العظام أقل نشاطا بوضوح فى حالة نقص المنجنيز . وهناك كثير من الإنزيمات (Transferases ، Decarboxylases ، Kinases ، Hydrolases) التى تتطلب وجود أيون ثنائى التكافؤ لتنشيطها، ولكن هذا التنشيط غير تخصصى فنجد أن أيونات المنجنيز والماغنسيوم والكالسيوم والزنك يمكن أن تحل محل بعضها فى هذا التنشيط الإنزيمى . والإنزيم الوحيد المؤكد احتوائه على المنجنيز هو البيروفات كاربوكسيلاز اللازم للتفاعل التالى :



$$\text{Pyruvate} + \text{ATP} + HCO_3 \xrightleftharpoons{\text{Acetyl - CoA, } Mn^{++}} \text{Oxaloacetate} + \text{ADP} + \text{Pi}$$

ويحتوى الإنزيم على ٤ ذرات منجنيز مرتبطة بشدة ، كما يوجد فى الإنزيم ٤ جزيئات بيوتين Biotin . وتشير المعلومات إلى أن المنجنيز يساهم فى الخطوة الثانية لنقل مجموعة الكربوكسيل وهى :



Enzyme - biotin - CO_2 + Pyruvate $\rightleftharpoons$ enzyme - biotin + oxaloacetate

ويفسر وجود المنجنيز فى هذا الإنزيم انخفاض الإستفادة من الجلوكوز فى الفئران وخنازير غينيا عند نقص المنجنيز .

كما أن المنجنيز يلزم لتنشيط إنزيم Arginase ، ولكن وجد أن Ni^{++} , Co^{++} يمكن أن تنشط الإنزيم دون تأثير محسوس على الوزن الجزيئى للإنزيم ، وبالرغم من أهمية المنجنيز لنشاط الأرجيناز معمليا in vitro فإن أهميته داخل الحيوان in vivo مشكوك فيها، فإنه لايحدث إلا نقص طفيف فى إفراز اليوريا فى البول ، وكذلك فإن توزيع الآزوت المخرج بين الأمونيا والأحماض الأمينية وحامض اليوريك لايتغير فى الفئران الناقصة فى المنجنيز .

فالمنجنيز عامل مساعد فى ميتابوليزم الكربوهيدرات ، وعنصر هام للنمو والإخصاب وتكوين العظام ، كما أنه هام فى تخليق عديدات التسكر المخاطية Mucopolysaccharides ، ولسلامة الجهاز العصبى المركزى ، وينشط ويدخل فى تكوين الإنزيمات المسئولة عن الفسفرة الأوكسيدية وميتابوليزم الأحماض الأمينية وتخليق الأحماض الدهنية، ويساعد فى تكوين فيتامين C ، وله علاقة بالتنفس .

امتصاصه :

يمتص المنجنيز عن طريق الأمعاء الدقيقة، وإن كانت ميكانيكية امتصاصه غير معروفة، لكن عموما امتصاصه منخفض (حوالى ١٠ ٪

فقط) ، وزيادة الكالسيوم فى الغذاء تخفض امتصاص واحتجاز المنجنيز فى الجسم .

تخزينه وإخراجه :

يخزن المنجنيز فى الجسم عامة ، وعلى الأخص فى العظام والكبد والكلى والبنكرياس . ويخرج أساسا فى الروث (والقليل فى البول) إذ يفرز فى الصفراء بصفة أساسية، وفى العصارات الهاضمة الأخرى. ويتم تنظيم مستوى المنجنيز فى الجسم عن طريق التحكم فى الإفراز وليس عن طريق تنظيم الإمتصاص. والمنجنيز فى أنسجة الجسم فى حالة ديناميكية عالية ليتم الإتزان .

الإحتياجات :

تبلغ احتياجات الإنسان من المنجنيز ٣ - ٩ مجم / يوم ، والحيوانات ١٠ - ٥٠ جزء فى المليون فى الغذاء، فهى للنمو منخفضة (١٠ جزء / مليون) عما يتطلبه نمو العظام أو التناسل (٢٠ - ٢٥ جزء / مليون)، وهى أقل للمجترات (٢٠ جزء / مليون) عما تتطلبه الدواجن (٥٠ جزء / مليون للكتاكيت و ٣٣ جزء / مليون للدجاج البياض). وتزيد الإحتياجات من المنجنيز فى حالة زيادة استهلاك الكالسيوم أو الفوسفور ، وفى حالة غنى الغذاء بالذرة (لنقصه فى المنجنيز) كما فى حالة تغذية الدواجن والخنازير .

نقصه وزيادته :

المنجنيز منخفض جدا فى منتجات الألبان واللحوم والسمك والبيض (حتى ٤ جزء / مليون) ، وفى لبن الأمهات (١٠ جزء / بليون) . وتظهر أعراض نقص المنجنيز بزيادة الكالسيوم أو الفوسفور لإعاقتهما امتصاص المنجنيز ، فتظهر تشوهات عظمية من خفض نمو الهيكل العظمى ، تشوه الأطراف ، تضخم المفاصل ، إلتواء الأقدام والسيقان Perosis ، انخفاض قوة تحمل قشرة البيض . كما يؤدى نقصه الى عدم انتظام دورة الشبق ، فيبطؤ ظهور الشياع ، ولايحدث حمل ، وتصغر المبايض فى الحجم ، وتنخفض الرغبة الجنسية ، واضمحلال القنيات المنوية ، ولاتنتج الحيوانات المنوية . وتعانى مواليد الحيوانات المصابة بنقص المنجنيز من أعراض عصبية وشلل المؤخرتين ، ونقص الوزن عن الوزن الطبيعى ، وفقد الشهية للأكل . كما يؤدى نقصه فى غذاء الأمهات الحامل إلى تشوهات جنينية ونفوق الأجنة أو مولد صغار نافقة . فنقص المنجنيز يمنع دورة فى تنشيط عديد من الإنزيمات المؤثرة على تكوين العظام وعلى التناسل ، فنجد أن نقصه يكون مصحوب بانخفاض تكوين Muco-Polysaccharides خاصة التى تحتوى على الجلاكتوز أمين ، ويتجلى ذلك فى النقص الشديد فى تركيز كبريتات الكوندرويتين فى الغضروف ونظرا لأهمية معقد البروتين / كبريتات الكوندرويتين للمحافظة على صلابة النسيج الضام، فإنه يعتقد أن الأضرار التى تنشأ بالعظام إنما تنشأ كنتيجة للتغييرات الفسيولوجية والكيماوية هذه . فنقص المنجنيز فى الماشية يؤدى إلى

مرض Parakeratosis حيث يحمر الجلد ويتقشر ويخشن (أظلاف وآذان) وتتورم المفاصل .



نقص المنجنيز فى عجل حديث الولادة يوضح ضعف الأرجل وتشويهها.

فنقص المنجنيز فى الغذاء يصاحبه زيادة تركيز السيرم من الكالسيوم والفوسفور ، بينما ينخفض تركيز كالسيوم العظام ومنجنيز السيرم والعظام . كما ينخفض منجنيز الكبد عن ٦ جزء / مليون . ونقص المنجنيز والنحاس فى غذاء الإنسان لمدة طويلة يؤثر على ميتابوليزم العظام .

ورغم أن المنجنيز من أقل المعادن النادرة سمية ، إذ تستطيع الثدييات تحمل تركيزات عالية منه ، إلا أن استمرار التعرض لتركيزات عالية منه تؤدى لأعراض عصبية ونفسية ، كاضطرابات النوم ، عدم الإتزان العاطفى ، إثارة وضحك تلقائى ، مرض Frank Psychosis ، وأعراض حركية عصبية Extra-Pyramidal ، وأعراض شلل رعاش Parkinson لنقص الدوبامين فى الأعمار المتوسطة والذكور كبار السن. إذ يمتص عن طريق الجهاز الهضمى والرئة والجلد ، ويسبب أضرارا فى كروموسومات كرات الدم الحمراء والبيضاء للجرذان . وارتفاعه فى علائق الخنازير (١٢٥ جزء / مليون) يخفض من تخليق الهيموجلوبين ، بينما زيادته (إلى ١٢٥٠ جزء / مليون) تخفض من النمو ، وكذلك زيادته (عن ٢٦٠٠ جزء / مليون) فى عليقة العجول خفضت من استهلاك الغذاء ومن معدل النمو ، وتستطيع الأغنام والماشية تحمل حتى ١٠٠٠ جزء / مليون من المنجنيز فى الغذاء . وزيادته عموما فى الغذاء تزيد تركيزه فى الكبد والصفراء وتزيد تركيز النحاس فى الكبد بينما تخفض من تركيز الزنك والحديد فى الكبد والدم. وترتبط زيادة تركيزات منجنيز النباتات بمستواه فى التربة ، كما يزيد منجنيز النباتات بالتسميد البلدى خاصة عند عدم استخدام الجير ، وباستخدام مخلوط معادن (كادميوم ، نحاس ، نيكل ، زنك) . كما يزيد منجنيز النباتات بعملها دريس . والجرعات العالية من المنجنيز تخفض من الإستفادة من الكوبلت والزنك والحديد . وتشخص السمية

بتحليل منجنيز العظام (أو الكبد)، وكذلك بزيادة محتوى الشعر من المنجنيز عن ٧٠ جزء / مليون . ويعالج التسمم بالمنجنيز بغسيل المعدة بفوق أوكسيد الهيدروجين (٣٪) والملطفات .

الفصل الرابع

النحاس COPPER (Cu)

يوجد النحاس فى ماء الشرب بتركيز ٠,٠٠١ - ٠,٦ جزء / مليون ، وعادة أقل من ٠,٠٣ جزء / مليون ، ولاينبغى زيادته فى ماء الشرب عن ١,٥ جزء / مليون ، إذ يصير طعم الماء مرا باحتوائه على ١ جزء / مليون .

وجـــوده :

تم التعرف على وجود النحاس فى الأنسجة النباتية والحيوانية منذ قرن من الزمان ، وتشير الدراسات إلى أهميته فى التغذية خاصة مع الحديد ، وتحتوى عضلات الأسماك على ١,٢ - ٢٣ جزء / مليون نحاس (فى المادة الجافة) . وأعلى تركيز للنحاس فى كبد العجول البقرى (٦١ جزء / مليون) .

توزيع النحاس فى الجسم :

يحتوى الإنسان البالغ الصحيح على ١٠٠ - ١٥٠ مجم أو ١,٥٠ - ٢,٥٠ جزء / مليون ، وتحتوى الأغنام والأبقار على نسبة أعلى من الإنسان ، وذلك للمحتوى العالى من النحاس فى كبد هذه الأنواع ، وتحتوى الحيوانات الصغيرة حديثة الولادة على كمية نحاس/ وحدة وزن أكبر منها فى الحيوانات البالغة لنفس النوع كما يوضح

ذلك الجدول التالى :

العمـــر	إنسان	خنزير	أرنب	خنزير غينيا	فـــأر
مولود حديثا	٤,٧	٣,٢	٤,٠	٦,٩	٤,٣
بالغ	١,٧	٢,٥	١,٥	–	٢.–

وهى مقاسة بالجزء / مليون على أساس الأنسجة الخالية من الدهن . وارتفاع محتوى المواليد من النحاس راجع إلى المخزون العالى من النحاس فى الكبد فى هذه المرحلة ، ولاترجع إلى مستوياته العالية فى الدم كما فى الحديد، وقد سجل توزيع النحاس فى أنسجة الجسم كما يلى :

الحيوان وعمره	عضلات	عظام	كبد	جلد
فأر بالغ	٢١٪	٢٣٪	١٣٪	٣٦٪
عجل حديث الولادة	١٨– ٢٦٪	٥– ٧٪	١٢٪	– ١٧٪

والغدد الهرمونية مثال للمحتوى القليل من النحاس ، فى حين أن الكبد والقلب والكلى والشعر والمخ عادة تركيزها عالى من النحاس .

ويعكس محتوى النحاس فى الكبد حالة الحيوان منه ، بينما مستواه فى الشعر قد لايعكس هذه الحالة .

ويوجد النحاس فى البلازما فى صورتين أساسيتين :

أ- صورة مرتبطة بطريقة حرة مع الألبيومين ، وفيها يتفاعل النحاس مباشرة مع diethyl dithiocarbamate ويسمى direct reacting copper ، ويبدو أن هذه الصورة تساهم فى نقل النحاس ، حيث أنها تزيد بعد إعطاء ^{65}C مباشرة، ثم تقل الإشعاعية بالتدريج وتنتقل إلى المكون الثانى .

ب - صورة يرتبط النحاس فيها مع الألفا - جلوبيولين ، ويحتوى الجزىء الناتج Ceruloplasmin على ثمانية ذرات نحاس ووزنه الجزيئى ١٦٠٠٠٠ بالنسبة للثدييات ، ويحتوى -Ceruloplas min على ٩٥٪ من نحاس البلازما ، ولايتبادل النحاس ما بين الصورة الأيونية والصورة الأخرى ، وبالتالى فلايعتقد أن الصورة الأخرى (أى Ceruloplasmin) تلعب دورا فى نقل النحاس .

ويوجد جزء ضئيل جدا من النحاس مرتبطا مع الأحماض الأمينية، وبالرغم من صغر هذا الجزء ، فيعتقد أنه يلعب دورا فى عملية نقل النحاس . ويبلغ تركيز النحاس فى بلازما الأبقار والأغنام حوالى ١٠٠ ميكروجرام لكل ١٠٠ مل ، ويزيد هذا التركيز مع زيادة تركيز المولبيدنم فى الغذاء (٢٥ جزء / مليون) وكذلك الكبريتات (٠,٥٪) فيصل التركيز إلى ١٤٥ ميكروجرام / ١٠٠ مل .

أما فى الطيور فتركيز النحاس فى البلازما منخفض (حوالى ٥ ميكروجرام / ١٠٠ مل)، ويخلو دم الرومى من Ceruloplasmin ،

أما فى الدجاج فقد لايوجد أو يوجد بتركيز منخفض .

وقد يعبر عن محتوى كبد الإنسان والفئران والأرانب والقطط والرومى (على أساس الوزن الجاف للكبد) أنه يحتوى ١٠ - ٥٠ جزء / مليون وفى البط والماشية والأغنام قد يصل إلى ١٠٠ - ٤٠٠ جزء / مليون ، وذلك حسب سن الحيوان ، إذ تزداد مع المراحل الفسيولوجية كالحمل .

وفى الدم يوجد النحاس إما داخل الكرات الحمراء أو خارجها ، وفى كلا المكانين يكون مرتبط بالبروتين ، أى نحاس عضوى . والنحاس فى الكرات الدموية الحمراء مرتبط بالبروتين ويسمى Eath-rocoproin وهو مركب عديم اللون وزنه الجزيئى حوالى ٣٣٠٠٠ ، يحتوى ذرتين نحاس / جزىء . كل ١٠٠ مل من الكرات الحمراء تحتوى على ٣٠ - ٣٦ مليجرام من Eathrocoproin التى تحتوى على ٩٣ - ١١٤ميكروجرام نحاس ، وغالبية النحاس العظمى فى الدم فى صورة Eathrocoproin .

البروتينات التى ترتبط بالنحاس وموجودة خارج الخلايا الدموية الحمراء تسمى Cuproprotein ، وهى بروتين أزرق اللون يحتوى كل ١٠٠ مل بلازما على ٣٠ مليجرام من هذا البروتين به ٠,٣٤٪ نحاس . ويوجد النحاس فى المخ مرتبط بالبروتين ويسمى Cerebrocu-pruin ، وهو بروتين غير ملون .

والكبد هو أغنى عضو بالنحاس ، فيتراوح تركيزه فى كبد المجترات

الناضجة ما بين ١٠٠ – ٦٠٠ جزء / مليون فى الوزن الجاف ، وفى كبد الخنازير والدواجن منخفض (حوالى ١٠ – ٣٠ جزء / مليون). ويقل تركيز نحاس الكبد بنقصه فى الغذاء أو بزيادة موليبدنم الغذاء . ومن الأنسجة الغنية بالنحاس : الطحال والكلى والقلب والمخ . وتركيز النحاس فى الأعضاء المختلفة متشابة فى الأنواع المختلفة باستثناء الكبد الذى يكون الإختلاف فى تركيزه من النحاس كبير . والنحاس يوجد بوفرة فى الخضروات الورقية الخضراء والبقوليات والحبوب الكاملة واللوز .

ويؤثر على مستوى النحاس ما يلي :

١– العمر : وهو أهم هذه العوامل . فنجد فى المواليد أن أكبادها تحتوى ٤ –٥ أضعاف ما يحتويه الإنسان البالغ ، ومع التقدم فى العمر يبدأ التركيز فى الزيادة ولكن زيادة طفيفة.

٢– الحالة الفسيولوجية : فى عمليات الحمل والشبق تزداد معها مستويات النحاس .

٣– الحالة المرضية والصحية : بعض الأمراض تسبب زيادة مستويات النحاس ، ومنها تليف الكبد وضموره وسرطانة وسرطان الدم والأمراض المزمنة الأخرى المصحوبة بالأنيميا . وبعض الأمراض الأخرى تسبب نقص مستوى النحاس .

٤– اتزان العلائق : نقص الكالسيوم والماغنسيوم فى العليقة يزيد مستوى نحاس الجسم ، بينما يقل مستوى نحاس الجسم بزيادة موليبدنم

وكبريتات العلائق .

٥ - الهرمونات : الإستروجين يزيد من مستوى النحاس ، كذلك يؤدى نفس الأثر هرمون الدرقية .

النحاس فى اللبن : جميع أنواع السرسوب أغنى فى النحاس بوضوح عن اللبن الطبيعى ، ففى لبن النعاج الطبيعى يهبط من ٠,٢٠ - ٠,٦٤ مجم / لتر فى السرسوب إلى ٠,٠٤ - ٠,١٦ مجم / لتر بعد عدة شهور ، ولوحظت نفس الإنخفاضات فى بعض الأبقار فقط . إضافة النحاس للعلائق بوفرة لايؤثر على تحسين مستوى النحاس فى اللبن ، وذلك للبقر والماعز والنعاج ، بينما يؤدى نقص نحاس العلائق إلى مستويات منخفضة غير طبيعية من نحاس اللبن للبقر والنعاج.

ومن أهم مصادر النحاس : الخضر والأسماك والكبد والمخ .

وظيفته :

يؤثر النحاس فى عمل الجهاز العصبى المركزى ، وكذلك فى تمثيل الصبغات للشعر، وهو (مع الحديد) ضرورى لبناء كرات الدم الحمراء ، لذا يؤدى نقصه إلى انخفاض محتوى حديد كرات الدم، وانخفاض امتصاص الحديد ، وحدوث أنيميا وظهور عادة اللعق ، مع إسهال وفقد الشهية للأكل . كما أن النحاس مسئول عن بناء العظام، لذا يؤدى نقصه إلى تقوس العظام . ويحسن النحاس من النمو والإستفادة من الغذاء واحتجاز البروتين (لتحسن هضم البروتين) .

ونظرا لصغر حجمه الذرى وارتفاع شحناته من الإلكترونات ، فإنه يلعب دورا هاما فى تفاعلات مكثفة من خلال عمليات الكيمياء الكهربية، إذ يلعب دور الوسط لنقل الإلكترونات فى عمليات الأكسدة الوسطية وكعامل مساعد للإنزيمات والهرمونات والفيتامينات (سيتوكروم أوكسيداز ، ثيامين). ويساعد النحاس النخاع لتكوين الهيموجلوبين . كما أنه ضرورى للنمو الطبيعى للرئة ، لتأثير النحاس سلبيا على نشاط الليسيل أوكسيداز فى الرئة .

والنحاس ضرورى لارتفاع نسبة فقس البيض ، والمقاومة للأمراض، ويستخدم النحاس فى علائق الدواجن كمضاد فطرى ، وفى علائق الخنازير كمنشط للنمو. فالنحاس مطلوب للتنفس الخلوى ، ولعمل القلب ، ولتطوير الأنسجة الضامة ، ولصبغ الأنسجة وتقرنها ، ولتطور الحبل العصبى ، وهو مكون ضرورى لعديد من الإنزيمات المعدنية الضرورية فسيولوجيا (سيتوكروم أوكسيداز ، ليسيل أوكسيداز ، أحادى أمين أوكسيداز ، يوريكاز ، سوبر أوكسيد ديسمبوتاز ، دوبامين - بيتا - هيدروكسيلاز ، تيروزيناز) . كما يؤثر النحاس على خلايا . (B ,T) والخلايا المتعادلة والملتهمة فى جهاز المناعة مما يخفض من عدد الخلايا المنتجة للأجسام المضادة .

وكذلك يقوم النحاس بالمحافظة على وظيفة خلايا العظام -Oste oblasts حيث يؤدى نقصه إلى تراكيب عظمية هشة مشوهة والى حدوث تشققات فى العظام، فالنحاس يحافظ على مادة mylier فى

السائل النخاعى .

ويقـوم النحـاس بدور فى تخليق صـبـغـة melanin فى الشـعـر والصوف ، وكذلك فى تكوين الكيراتين فى الصوف ، بالرغم من عدم فهم هذا الدور تماما . كما يدخـــل فى تكوين مـــادة Hemcynein (المقـابلة للهيـمـوجلوبين فى الزواحف) والهيـمـوسيـدرين (المقـابلة للهيـمـوجلوبين فى الحشرات) . للنحاس دور فى هدرجة الأحـمـاض الدهنية غير المشبعة فى دهون الحيوانات . ويدخل النحاس فى تركيب العـــديد من metalloenzymes التى تقـوم بتـفـاعـلات الاكـسـدة والإختزال، التى يعمل فيها الأكسجين كمستقبل للإلكترون ، ومن أهم هذه الإنزيمات هى كاتالاز ، يورياز ، أسكوربيك أسد أوكسيداز ، وقـد قـدرت كـمـيـة النحـاس الموجـودة فى كل ١ جم من البـروتين الإنزيمى بحـوالى ٥٥٠ مـجم ، وفـيـمـا يلى أهم هذه الإنزيمات التى يدخل النحاس فى تركيبها :

الإنزيـــم	رقمه الكودى E.C.N.	مصدره
السيتوكروم أوكسيداز	1.9.3.1	ميتوكوندريا قلب البقر
سيرولوبلازمين		بلازما الدم
أسكوربات أوكسيداز	1.10.3.3	قرع عسلى
تيروزيناز	1.10.3.1	عيش الغراب
لاكاز	1.10.3.2	شجر اللبن
جالاكتاز أوكسيداز	1.1.3.9	عفن
بريكاز	1.7.3.3	كبد ، كلى
ديامين أوكسيداز	1.4.3.6	بذور بسلة

وكما هو واضح من هذا الجدول فى دخول النحاس فى تركيب إنزيم التيروزيناز، وهذا الإنزيم مسئول عن تكوين صبغة الميلانين. ويدخل النحاس كذلك فى تركيب عدد آخر من المركبات البروتينية Cuproproteins ، ليس لها وظيفة إنزيمية ومن بينها Erythrocuprein فى كرات الدم الحمراء، Hepatocuprein فى الكبد ، Cerebrocuprein فى المخ .

امتصاصه :

يمتص النحاس على طول القناة الهضمية ، وأساسا فى الأمعاء الدقيقة ، وثبت امتصاصه من معدة الفئران . ويمتص فى المجترات بمعدل ٢-١٠ ٪ فقط ، بينما فى الإنسان يرتفع إلى ٣٠٪ . وميكانيكية الإمتصاص قد تكون نشطة أو غير نشطة . ويوجد بروتين فى الإثنى عشر يرتبط مع النحاس ، يعتقد أن هذا البروتين يلعب دورا فى الإمتصاص . ووجود الكربونات يرفع من قيمة pH الإثنى عشر مما يقلل ذائبية أملاح النحاس . وينخفض امتصاص النحاس فى وجود وفرة من الكالسيوم أو الحديد أو الكادميوم أو الزنك ، والعلاقة المضادة بين الموليبدنم والكبريت تؤثر سلبيا فى امتصاص النحاس . ونقص البروتين يخفض من امتصاص النحاس ، كما أن إضافة المضادات الحيوية (كارباداوكس) تخفض من امتصاص النحاس . وتؤدى بروتوزوا الكرش الهدبية إلى زيادة إنتاج الكبريتيد فى الكرش (لتكسير البروتين الذائب) ، والذى يعقد جزء من النحاس ويجعله غير

متاح للإمتصاص .

تخزينه وإخراجه :

يخزن النحاس أساسا فى الكبد ، ويخرج أساسا مع الروث فى الصفراء، أما الخارج فى البول فلا يتجاوز ١-٢ ٪ ، وذلك لأن النحاس يكون مركبات غير ذائبة يصعب خروجها فى البول ، لارتباط النحاس بجزيئات بروتين كبيرة .

ويقل المخزون من النحاس فى وجود مثبطات امتصاصه، فالموليبدنم يخفض مستوى نحاس الكبد ، ويزداد أثر الموليبدنم على النحاس بارتفاع نسبة الكبريتات فى الغذاء ، إذ يتحول النحاس إلى كبريتيد نحاس غير ذائب صعب الإمتصاص ، وبالتالى ففى وجود الموليبدنم أو الكبريتات يقل محتوى النحاس المرتبط بالجلوبيولين فى صورة Cerulo-plasmin ، بينما يزداد النحاس المرتبط بالألبيومينات ، وتكون رابطته بهذه البروتينات ضعيفة ، مما يسهل خروجه ، ويصاحب ذلك حدوث أنيميا لانخفاض عدد كرات الدم الحمراء والهيموجلوبين رغم وفرة الحديد .

وتتحسن الإستفادة من النحساس فى وجود السيلينيوم والكوبلت وفيتامين (E,A) واليوريا فيزيد المخزون من النحاس . بينما زيادة الموليبدنم والكبريت تزيد من إخراج النحاس فى البول . ويتنافس الزنك والكادميوم والنحاس على مواقع الروابط الهيدروكبريتية فى Metallothionein فى الكبد مما يؤدى لتداخل النحاس بشبيهاته كيماويا من المعادن

فينخفض مخزونه .

الإحتياجات :

تبلغ احتياجات الإنسان للنحاس ٠,٠٥ مجم / كجم وزن جسم للأطفال يوميا ، و ٢ مجم / فرد بالغ / يوم . والأراضى المحلية فقيرة فى النحاس ، ونباتاتها كذلك يعوزها النحاس ، لذا يضاف النحاس (١٪) فى العلف فى صورة كبريتات نحاس ، فالأغنام تتطلب ١-٢ مجم نحاس يوميا (٦-١٠ جزء / مليون فى الغذاء) والماشية ٤ جزء / مليون ، والدواجن يلزمها النحاس بمقدار ٢,٥ مجم / كجم علف ، والخنازير ٠,١١ - ٠,١٦ مجم / كجم وزن جسم ، والفئران ٠,٠٥ - ٠,١٠ مجم / يوم . وترتبط الإحتياجات الغذائية من النحاس بمحتوى الغذاء من كل من النحاس والموليبدنم والكبريت ، وفى غنى التربة بالكالسيوم تزاد الإحتياجات من النحاس ، وفى انخفاض موليبدنم التربة تنخفض الإحتياجات من النحاس . وزيادة pH التربة تسهل استهلاك النباتات للموليبدنم بينما تخفض محتواها من النحاس .

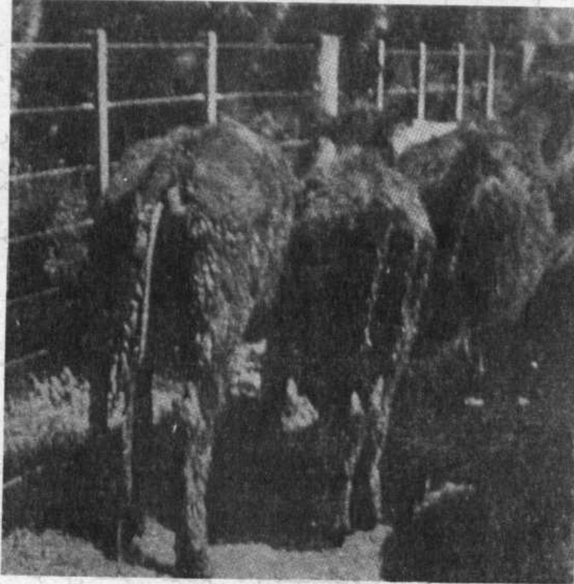
نقصه وزيادته :

يؤدى نقص النحاس إلى ظهور أنيميا ، وإسهال ، وشحوب لون أغشية العين والفم ، وخشونة الشعر وشيبة ، وتشوهات العظم ، زيادة ظهور سمية الموليبدنم ، ويتأثر الجهاز العصبى المركزى . وتزيد الكبريتات من إظهار أعراض نقص النحاس (والسيلينيوم)، خاصة بزيادة تسميد التربة بالسوبر فوسفات . ويؤدى نقص النحاس إلى ظهور عادة اللحس ،

وتليف الكبد .



من أعراض نقص النحاس على اليسار: ميل الحيوان على اليمين : شلل الحيوان



تظهر أعراض الإسهال نتيجة نقص النحاس فى التغذية (وزيادة المولبيدنم)

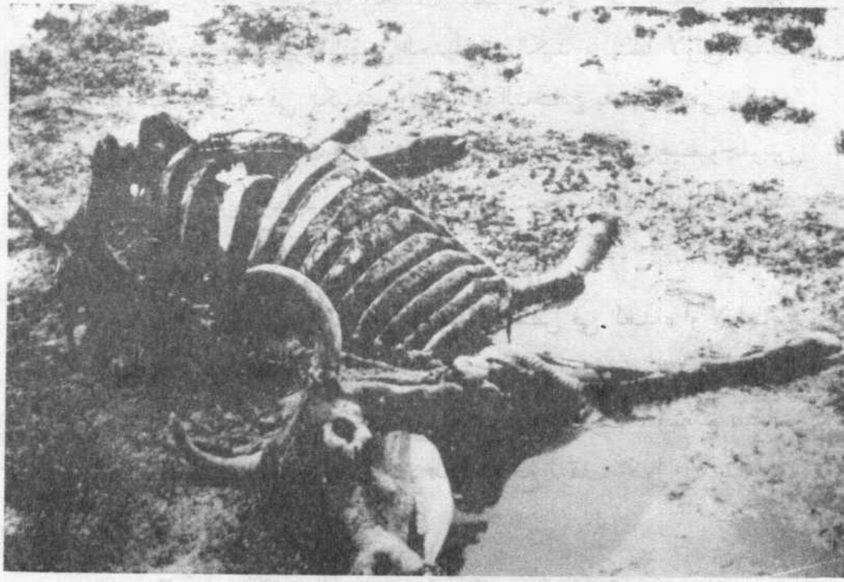




من أعراض نقص النحاس فى الصورة السفلى يتضح فقد الشعر (حلقة حول العين) مقارنة بالصورة العليا الطبيعية

ويلعب النحاس دورا هاما فى الأكسدة بالأنسجة لدخوله فى نظام السيتوكروم أوكسيداز، ويؤثر النحاس فسيولوجيا من خلال الإنزيم الذى يحتويه وهو السيرولوبلازمين Ceruloplasmin ، ومن خلال الخلل فى الأكسدة بالأنسجة لتأثر النظم الإنزيمية هذه، يحدث خلل فى التقرن Keratinization للصوف ، لعدم تمام الأكسدة لمجاميع الثيول الحرة ، كما يختل الميتابوليزم مؤديا إلى إعاقة النمو للجسم وتظهر الاسهال (فى حالة نقص النحاس المتسبب فيه المولیبدنم) ويظهر الإنيميا نتيجة زيادة تخزين الهيموسيدرين فى الأنسجة ، لعدم كفاية النحاس اللازم لإعادة الإستفادة من الحديد الخارج من تكسر الهيموجلوبين . وتكون العظام هشة فى حالة نقص النحاس لخفض نشاط الأوستيوبلاس ، وتثبيط تكوين الكولاجين ، وإطالة العظام الطويلة ، ويحدث فتق Rupture، فى القلب والأوعية الكبيرة .

والعلاج سهل إلا إذا كانت الحالة متقدمة ووصلت مضاعفاتها للقلب والجهاز العصبى ، فهنا لايمكن الشفاء تماما. ويتم التجريع فميا بكمية ٤ جم كبريتات نحاس للعجل عمر ٢-٦ شهور ، أو ٨-١٠ جم للماشية البالغة، وذلك إسبوعيا لمدة ٣-٥ أسابيع .



مرض الصرع – حالة تتكرر فى فنزويلا – ربما يرتبط بنقص النحاس

وتتوقف أعراض نقص النحاس أساسا على نوع الحيوان وعمرة وجنسه ، وترتبط كذلك بمنطقة السكن وغنى أرضها أو فقرها، وبالتالى يتوقف على ذلك غنى النباتات أو فقرها، كما يتوقف النقص كذلك على غنى التربة بالعناصر المعدنية الأخرى المرتبطة بميـــتابوليزم النحاس (كوبلت – موليبدنم ... الخ) . ومن أهم أعراض النقص عادة ما يلى:

١- انخفاض النحاس فى الدم والكبد وحدوث إسهال شديد مصحوب بأعراض أنيميا، وتختلف أنيميا النحاس عن أنيميا الحديد، حيث أن الأخيرة تعزى لنقص الحديد فى الكبد ، بينما الأولى تحدث لتراكم الحديد فى الكبد . ونظرا لأن النحاس يساعد فى تكوين الهيموجلوبين، لذلك فرغم تراكم الحديد فلا يتكون هيموجلوبين لنقص النحاس، وتظهر حالة زيادة حديد نتيجة زيادة ferritin الكبد والدم لتراكم الحديد ونقص النحاس .

٢- يؤدى نقص النحاس (سواء النقص فى الغذاء أو لارتباطه بالمثبطات كالموليبدنم والكبريتات) يؤدى إلى انخفاض إنتاج الصوف والشعر ، وتغيير لون الصوف وأحيانا ينعدم لون الصوف ، وتنعدم صفات الصوف عموما ، وعدم وجود اللون راجع لوقف تحول الفيروسين لميلانين.

٣- فى النقص الشديد يسقط الحيوان فجأة وينفق ويظهر فى التشريح للقلب أنه متليف. ورغم حالة النقص الشديد فى الحديد فإنه لايسبب الوفاة فجأة ، مما يوضح دور النحاس فى الميتابوليزم خاصة الأكسدة والإختزال ، حيث يتوقف السيتوكروم عن العمل لنقص النحاس الشديد .

٤- نقص النحاس الشديد فى الحيوانات الصغيرة يؤدى إلى إصابتها بشلل فى الأرباع الخلفية، وعدم الإتزان عند المشى ، وخلل فى تكوين العظام ونموها الشاذ (العظام)، وتصاب الحيوانات بالصرع

وتحدث الوفاة فى ظرف ١-٢ يوم بعدها ، وتظهر هذه الحالات بوضوح أكثر فى الحملان عنها فى الحيوانات الكبيرة .

هذا وتحدث أعراض النقص للنحاس Hypocuprosis فى الفئران والخنازير لمعاناتها من نقصه فى اللبن ، كما تظهر فى الأغنام والماشية التى ترعى فى مراعى بها نقص في النحاس . هذا وقد لوحظت انخفاضات نحاس الدم إلى ٠,١ مجم / لتر فى الأغنام والماشية، وكذلك ٢ مجم / لتر فى الخنازير التى تعانى من النقص .

وهناك أمراض تنشأ من نقص النحاس مع غيره من المعادن مثل مرض الموت المفاجىء (أو السقوط المفاجىء) Falling disease فى ماشية اللبن فى غرب استراليا لنقص النحاس فى هذه التربة، ومرض الحمى القلاعية Gaast disease فى الماشية والأغنام فى استراليا ومناطق أخرى لنقص النحاس والكوبلت ، ومرض Strigy الخاص بالصوف فى غرب وجنوب استراليا ، ومرض Teartness المصحوب باسهال شديد للماشية لارتفاع مستوى المولييدنم فى بعض مناطق انجلترا

وأعراض نقص النحاس فى المجترات شائعة عنها فى الخنازير والدواجن ، وكما سبق الذكر تتوقف حدة المرض على عوامل منها نوع الحيوان وجنسه وعمره، ومدة وطول فترة النقص ، وكذلك على البيئة ، ومستوى المعادن الأخرى كالمولييدنم والكبريت فى الغذاء .

وتجدر الإشارة إلى أن العجل يولد وبه كميات مناسبة من النحاس

تكفيه على الأقل لمدة شهرين ، حتى ولو كانت الأمهات تعانى من نقص ، أما فى الأغنام فإن حالة النعجة تنعكس على حالة الجنين ، ولذلك فقد يصاب الحمل المولود مباشرة بأعراض نقص النحاس .

ويؤدى نقص النحاس إلى انخفاض تركيزه فى الأنسجة ، فقد ينخفض التركيز فى الكبد إلى أقل من ١٠ جزء / مليون ، وفى الدم إلى ٢٠ ميكروجرام / ١٠٠ مل ، كما يزيد ترسيب الحديد فى الكبد فقد يصل تركيزه إلى ٤٠٠٠ جزء / مليون ، ويحدث حالة عجز تكوين هيموجلوبين Hemoglobinasia ويقل تركيزه كما تقل الهيماتوكريت Hematocrit ، ويقل النشاط الإنزيمى للإنزيمات النحاسية مثل Ceruloplasmin وكذلك Brain cytochrome Oxi-dase وغيرها من إنزيمات النحاس .

وتتميز أنيميا النحاس فى الماشية التى ترعى على مراعى فقيرة فى النحاس بنقص النمو وانخفاض الكفاءة الغذائية ، وتشقق العظام فتصبح العظام هشة Fragile مما يؤدى إلى تشوه العظام، وقد يحدث فشل للقلب Cardio vaseular failures مما يؤدى إلى حالة السقوط فجأة falling disease ، حيث يتوقف القلب فجأة فى الماشية ، وقد يرجع ذلك إلى تليف عضلة القلب . كما يحدث اسهال حاد Scouring ، ويبدو أن هذا الإسهال يخف بعد نحو ١٢ يوماً بسبب نقص الأكل وذلك فى الماشية ، أما فى الأغنام فلا تلاحظ ، وبالإضافة إلى ذلك تحدث بعض التغييرات وضمور Atrophy للغشاء المخاطى المبطن

للأمعاء. هناك مرض يسمى Sway lack أو مرض ارتباك الحركة Ataxia وهو يصيب الأغنام وبدرجة أقل الماشية ، فيلاحظ أن الحملان حديثة الولادة لأمهات تعانى من نقص فى النحاس تفقد قدرتها على التحكم فى الأرباع الخلفية Incoordination التى تصاب بالشلل، وبعض الحملان الأخرى تصاب مباشرة بعد الولادة بالشلل وتموت بسرعة ، بينما يظهر المرض فيما بعد فى البعض الآخر من الحملان ، وبتشريح الحيوانات الميتة يظهر أضرار بالمخيخ Cerebrum ، حيث يوجد به استسقاء Edema ويحدث Demyelination للألياف العصبية بالمخيخ والنخاع الشوكى Spinal Cord . كما يحدث نقص فى خصوبة الحيوانات التى تعانى من نقص فى النحاس سواء فى الماشية أو الأغنام .

وتظهر أعراض نقص النحاس فى الحيوانات إذا كانت نسبة النحاس : الموليبدنم فى المراعى الغنية بالكبريت أقل من ٢,٨ : ١ ، فالنسبة الحرجة فى الأعلاف ٢ :١ ، بينما نسبة ٤ :١ تضمن تغطية الإحتياجات من النحاس. ودور الكبريت هو تكوين الثيوموليبدات التى تكون معقدات مع النحاس فتخفض امتصاص النحاس .

نقص النحاس هو الأكثر شيوعا فى المناطق الحارة (بعد الفوسفور) بين حيوانات المراعى (وليس بين الحيوانات مركزة التغذية). فنقص النحاس يظهر إذا كان محتوى المراعى يزيد عن ٣ جزء / مليون موليبدنم ويقل عن ٥ جزء / مليون نحاس . وتنقسم أسباب أعراض

نقص النحاس إلى :

١ - ارتفاع مستوى الموليبدنم عن ١٠ جزء / مليون .

٢ - نقص النحاس مع ارتفاع الموليبدنم كنسبة أقل من ٢ : ١ .

٣ - نقص النحاس عن ٥ جزء / مليون .

٤ - مستوى طبيعى من النحاس ومنخفض من الموليبدنم ، لكن مع ارتفاع مستوى البروتين الذائب ، فيزيد انتاج الكبريتيد فى كرش المجترات مكونا كبريتيد نحاس غير متاح للإمتصاص .

فيؤدى نقص النحاس فى الأغنام إلى عدم تكوين تجاعيد الياف الصوف، مما يجعل الألياف مستقيمة كألياف الشعر فيطلق عليها صوف ممطوط Stringy أو صلب Steely . كما قد تعرج الحيوانات ، وتقل خصوبتها أو تصاب بالعقم ، أو تصاب بمشاكل فى الولادة كاحتجاز المشيمة، أو ولادة مواليد مصابة بكساح خلقى Congenital Rickets، وانخفاض انتاج اللبن .

ويعتبر فقد لون الشعر أو الصوف مؤشر دقيق لنقص النحاس فى المجترات . واذا قدر نحاس الغذاء فيجب تقدير كذلك محتواه من الموليبدنم والكبريت للحكم على مدى وجود نقص نحاس من عدمه. كما يدل كذلك تركيز نحاس الدم (كامل) أو البلازما على حالة نحاس التغذية، فالمستوى الطبيعى للنحاس فى الدم ٠,٦ - ١.٥ ميكروجرام / مل ، وإن قل عن ٠,٦ ميكروجرام/ مل يشير للنقص .

وفى نقصه ينخفض تركيزه كذلك فى الكبد والكلى والعظام والمخ وغيرها من الأنسجة. كما يشخص نقص النحاس كذلك بتقدير نشاط الإنزيمات المحتوية على النحاس .

ولمنع أعراض النقص من الظهور يجب احتواء الغذاء على ٦-٨ جزء / مليون نحاس (مع انخفاض الموليبدنم عن ١ جزء / مليون). وقد يضاف النحاس فى ماء الشرب بمعدل ٢-٣ مجم/ لتر ، وإن كانت هذه الطريقة مصحوبة بمشاكل . والأفضل إضافة كبريتات النحاس بمعدل ١,٠ -٢,٠ ٪ من مخلوط معادن تستهلكه الحيوانات فى المرعى بحريتها. بينما يتم العلاج بالحقن تحت الجلد أو فى العضل بصور نحاس منخفضة الإمتصاص وآمنة (جليسينات نحاس مثلا) على فترات لمدة ٤-٧ شهور .

سمية النحاس تظهر بتراكم النحاس فى الجسم ، خاصة فى الكبد والمخ ، مما يؤدى إلى فشل الكبد فى تكوين السيريولوبلازمين. وزيادته مقيئة وتؤدى إلى طعم شحمى فى اللبن والزبد، كما تفسد خواص حفظ الأغذية ، إذ يسرع النحاس من هدم فيتامين (C) فى الفاكهة والخضار. فأحد مصادر التلوث بالنحاس فى الأغذية النباتية هو استخدام المبيدات الفطرية (المحتوية على النحاس) فى الزراعة. كذلك من مصادر التسمم النحاسى استخدام العقاقير (التجريع للحيوانات) المضادة للطفيليات Parasiticide Drenches والمحتوية على النحاس ، أو ماء الشرب الملوث بالنحاس (لمقاومة القواقع) أو لغنى التربة

بالنحاس ، أو من التلوث بعادم المسابك ، ومن المناجم (كما يحدث لعمال المناجم) ، ومن استعمال أوان نحاسية متأكسدة. وربما يحدث التسمم لأسباب ور[illegible]ة، فيزيد النحاس فى أنسجة الجسم ، ويعرف بمرض ويلسون Wilson's Disease الذى يصاحبه زيادة امتصاص النحاس وتراكمه فى الكبد وقرنية العين والمخ والكلى ويظهر حرا مؤديا للتسمم .

والأغنام أكثر عرضة لتسمم النحاس (خاصة النعاج الحامل و الحوالى) عن الماعز والماشية ، خاصة عند انخفاض مستوى موليبدنم وسيلينيوم العلائق . والتسميد البلدى للمراعى بزرق طيور أو روث خنازير مضاف إلى علائقها النحاس يؤدى إلى تسمم الأغنام عند رعيها لهذه المراعى .

وتظهر أعراض التسمم بهياج مخاطية الجهاز الهضمى (لأن النحاس الذائب يجمع البروتين) ، ويتحلل الدم ، وتلتهب الكلى ، ويظهر الهيموجلوبين فى الدم ، ويرتفع ميتهيموجلوبين الدم ، ويتنكرز الكبد ، وينخفض نشاط إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز فى الدم، ويزيد نشاط إنزيم الجلووتاميك أوكسالو أسيتيك ترانس أميناز فى الكبد والدم. وفى التسمم الحاد يحدث ألم بطنى ، واسهال وقيىء يحتويان على مخاط كثير ولونهما أخضر (لوجود مركب كلوروفيل النحاس)إلى أزرق ، انخفاض درجة حرارة الجسم ، زيادة ضربات القلب ، حدوث صفراء، انخفاض الهيماتوكريت إلى ١٠٪ ، شلل ونفوق. وينتقل النحاس خلال المشيمة الى الجنين مؤديا إلى نفوق الذكور بمعدل أعلى منه فى الإناث . وتحدث الوفاة بسبب الجفاف Dehydration والأنيميا

واليرقان وتلف الكبد ونزف الأمعاء ولأعراض نقص الحديد والزنك . والسمية تختلف ليس فقط باختلاف الأنواع والأعمار والأجناس بل كذلك تختلف باختلاف سلالات النوع الحيواني الواحد . ويميز التسمم النحاسي إصفرار لون الذبيحة المصابة ، كما يتحول لون المخاطية والدهن والكبد الى اللون المصفر ، وتكون الكلى وارمة وكبيرة الحجم وقاتمة اللون لالتهابها .

واحتواء الغذاء على أعلى من ٢٥ مجم / كجم مادة جافة يشير إلى حدوث تسمم نحاسي مزمن . ويصاحب زيادة النحاس Hypercupremic Condition انخفاض انتاج اللبن وضعف النمو وعدم كفاءة تحويل الغذاء ، وزيادة النحاس تخفض من نشاط إنزيم التريبسين مما يسيىء إلى هضم البروتين . والفارق بين الكمية اللازمة لسد الإحتياجات وتلك التى تسبب التسمم ليس كبير ، وإن استخدمت منه تركيزات عالية (حتى ٢٥٠ جزء / مليون) لدفع نمو الخنازير (الأكثر احتمالا عن المجترات) .

وقد يفيد علاج التسمم النحاسي رفع بروتين الغذاء والزنك (حتى ٢٢٠ جزء/ مليون)، أو موليبدات الأمونيوم (٤٠ جزء /مليون) ، أو موليبدات الأمونيوم (٢٠ جزء/ مليون) مع كبريتات صوديوم (٠,٥٪) ، كما تفيد زيادة الأحماض الأمينية الكبريتية من خفض حدة سمية النحاس . وتعالج الأعراض بنقل الدم ، وحقن أزرق الميثيل لوقف انتاج الميتهيموجلوبين ، والحقن بحمض الأسكوربيك

كمادة محتزلة لمعادلة أثر النحاس المؤكسد ، والحقن بالجلوتاثيون ، وإعطاء محقد مثل Penicillamin ليزيد اخراج النحاس فى البول .

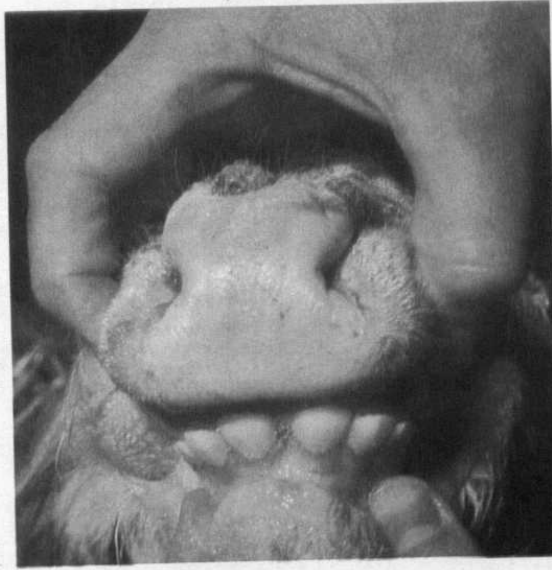
وتؤدى زيادة النحاس (التلوث) فى المياه إلى تسمم السمك ، فينخفض نموه وتحويله الغذائى وكفاءة استخدامه لبروتين العليقة، كما ينخفض محتوى عضلاته من البروتين والمادة الجافة، مع زيادة الدهون والرماد وتراكم النحاس فى الجسم (فى الكبد والمناسل والخياشيم)، ويزداد نفوق السمك ، ويضطرب بناء الكروموسومات وتتشوه .



تغير لون الشعر نتيجة نقص النحاس ، اللون
الداكن هو الطبيعى فى حالة كفاية النحاس



من أعراض التسمم بالنحاس تلون المخطم ومخاطبة الفم باللون الأصفر (على اليمن) وكذلك النسيج الدهنى تحت الجلد (على اليسار) فى العجول المغذاه على أعلى من ٧٠ مجم نحاس / يوم



من أعراض التسمم بالنحاس تلون المخطم ومخاطبة الفم باللون الأصفر (على اليمن) وكذلك النـ
الدهنى تحت الجلد (على اليسار) فى العجول المغذاه على أعلى من ٧٠ مجم نحاس / .

الفصل الخامس

الكوبلـــت (Co) COBALT

الكوبلت هو آخر الإضافات فى قائمة العناصر المعدنية المعروفة بأهميتها للنمو والصحة. وترتبط أعراض نقص الكوبلت بمحتواه بالتربة، حيث يختلف من مكان لآخر طبقا لاحتوائها عليه، ومصر من بين الدول التى يعوز تربتها هذا العنصر . وفى بعض المناطق يكون مرتبط فيها نقص الكوبلت بنقص النحاس أيضا . ويقل الكوبلت فى التربة القلوية، فيقل فى نباتاتها وحيواناتها بالتالى .

وجــوده :

لايوجد فى ماء الشرب ، وإن وجد فى المياه المعدنية (٠,٠٢ -٢٠ جزء / بليون) وهو فى الماء السطحى بتركيز أقل من ٢ جزء / بليون . وأغنى الأنسجة بالكوبلت هى الكبد والكلى .

وظيفته :

الكوبلت أحد مكونات فيتامين B12 ، فتستخدمه ميكروفلورا كرش المجترات فى تخليق هذا الفيتامين ولنمو بكتريا الكرش . كما يدخل الكوبلت فى تكوين كل من Adenosylcobalamin ، Methylcobalamin . وفيتامين B_{12} عامل نمو ومضاد للأنيميا، فأعراض نقص الكوبلت هى ذاتها أعراض نقص فيتامين B_{12}.

وتحول البكتريا الكوبلت إلى Corrinoids والتى لبعضها فاعلية فيتامين B_{12} ، ويحلق هذا الفيتامين كذلك فى أمعاء غير المجترات . وهناك احتمال لدخول الكوبلت فى أنظمة إنزيمية، نظرا لتداخل النحاس والكوبلت ، ويدخل الكوبلت فى عوامل مساعدة إنزيمية فى ميتابوليزم البروبيونات والهيستيدين والميثيل مالونات ، لذلك يؤدى نقص الكوبلت إلى زيادة محتوى البول من الميثيل مالونات ونواتج ميتابوليزم البروبيونات (أحماض دهنية) والفورميمينوجلوتامات . ولم تعرف الوظائف البيوكيماوية للكوبلت (رغم إدراك أنه عنصر نادر ضرورى) إلا عند اكتشاف فيتامين B_{12} عام ١٩٤٨ م ، والذى يحتوى حوالى ٤,٥ ٪ كوبلت ، ويطلق عليه الكوبال أمين Cobalamin .

والكوبلت فى صورة فيتامين B_{12} يدخل فى الإنزيمات الناقلة أو المخلقة لوحدات الكربون المنفرد (كمجاميع الميثيل)، مما يؤثر على ميتابوليزم الأحماض النووية والبروتينات والدهون والكربوهيدرات ، وهذا الفيتامين ضرورى كذلك للدور الطبيعى لعديد من الأنظمة الإنزيمية الداخلة فى الإستفادة من الطاقة .

امتصاصه :

يمتص كجزء من فيتامين B_{12} فى الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة ، وامتصاص الكوبلت بوجه عام منخفض .

تخزينه وإخراجه :

ينتشر الكوبلت فى أنسجة الجسم المختلفة دون تراكم، وأعلى

تركيزاته فى الكبد والكلى والعظام، وتناول غذاء غنى فى هذا العنصر يزيد تركيزه فى الأنسجة، فكبد الأغنام فقيرة التغذية بالكوبلت تحتوى ٠,٠٦ جزء / مليون (على أساس الوزن الجاف)، ترتفع إلى ٠,٣ جزء / مليون فى حالة التغذية السليمة. لذلك فمحتوى كوبلت الكبد يعتبر دليل على الحالة الغذائية للكوبلت . وعند كفاية الكوبلت فإنه يكون بنسبة ١٠٠ ٪ فى صورة فيتامين B_{12} فى الكبد ، بينما فى حالة نقصه فإن ٢٠ ٪ فقط من كوبلت الكبد هى التى تكون على صورة فيتامين . ومحتوى كوبلت اللبن منخفض جدا (٠,٥ ميكروجرام/ لتر) ، بينما السرسوب أغنى عن اللبن العادى بمعدل ٤-١٠ مرات ويزيد محتوى كوبلت اللبن بزيادتة فى الغذاء .

ويخرج الكوبلت أساسا فى الروث (٨٠٪) ، بينما يخرج فقط ١٢ ٪ فى اللبن ، وحوالى ٠,٥ -١٠ ٪ فى البول . فجزء من الكوبلت يمتص ثم يفرز فى الصفراء أو لحد ضئيل خلال الأمعاء ، ويخرج فى الروث . وفى الإنسان يكون الإمتصاص مرتفع ، وكذلك الإفراز فى البول مرتفع .

الإحتياجات :

تتطلبه صغار المجترات (أقل من ٨ أسابيع فى العمر) بمعدل ٠,١ -٠,٢ جزء / مليون . وأعشاب ومراعى المناطق العادية (التى لاتعانى نقص فى الكوبلت) تحتوى على ٠,١ جزء / مليون كوبلت ، بينما مراعى المناطق الفقيرة تحتوى فقط ٠,٠٤ - ٠,٠٧ جزء /

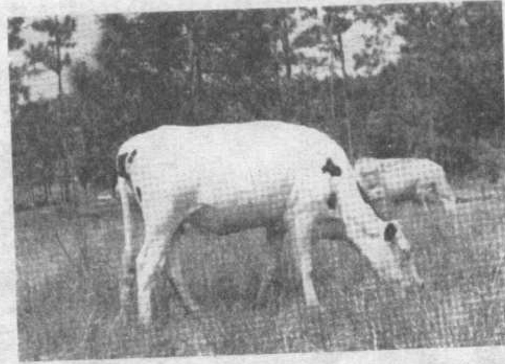
مليون. وعادة تغذى المجترات على ٣٢ مجم سلفات كوبلت / ١٠٠ كجم وزن جسم ، وللماشية الحلابة تضاف سلفات الكوبلت بمقدار ٢ جم / طن حبوب . فالمجترات أكثر طلبا للكوبلت عن وحيدات المعدة، لدخوله فى ميتابوليزم حمض البروبيونيك .

نقصه وزيادته :

نظرا لأن الكوبلت عنصر معدنى ضرورى ، فإن نقصه يؤدى إلى فقد الشهية ، ونعاس وهزال وأنيميا ، وتدميع ، وتشقق الجلد ، وسوء تغذية الكبد أو مايطلق عليه بمرض الكبد الأبيض White Liver Disease ، وفيه يتلون الكبد بلون رمادى ، ويصاب بفشل وظيفى ، ويقل النمو وانتاج اللبن والصوف وخواصه، وتظهر اضطرابات فى الخصوبة ، مع إسهال .

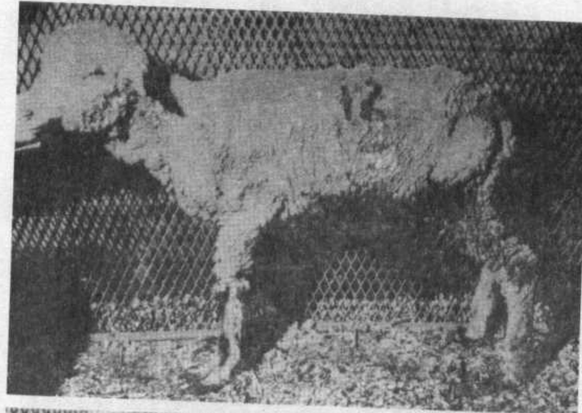
والكوبلت من أكثر العناصر التى تظهر أعراض نقصها فى حيوانات المراعى (مع الصوديوم والفوسفور والنحاس)، خاصة فى مناطق البراكين والأراضى الرملية. ويؤدى التجيير لارتفاع pH التربة فيمنع استهلاك النباتات للكوبلت مما يزيد من حدة أعراض النقص .

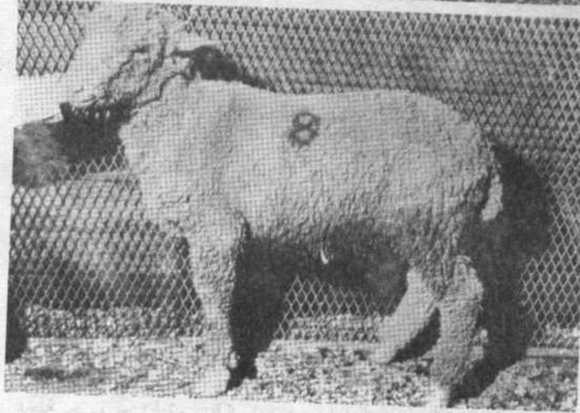




أعلى : عجلة نحيفة جدا لنقص الكوبلت (وزيادة الحديد والنحاس)، مما أدى لخفض هيموجلوبينها الى ٦,٦ جم /١٠٠ مل،

أسفل : نفس العجلة بعد تناولها خليط معادن من الحديد والنحاس والكوبلت .



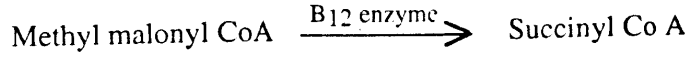


أعلى : حولى يزن ٢٢ كجم فقير التغذية على الكوبلت (٠,٠٥ جزء / مليون).

أسفل : حولى يتغذى على ٠,١٥ جزء / مليون كوبلت ويزن ٤٢ كجم .

وأعراض نقص الكوبلت الظاهرية غير متخصصة، إذ تماثل أعراض سوء التغذية الراجعة لانخفاض استهلاك الطاقة والبروتين ، من ضعف وفقد فى الوزن ، وأنيميا حادة ونفوق . وإذا كان النقص متوسط أو بسيط فلا تظهر مثل هذه الأعراض ، بل تظهر صغار الحيوانات أعراضاً تماثل ما يحدث مع الإصابة بالطفيليات أو انخفاض استهلاك الغذاء .

وفى نقص الكوبلت ينخفض مستوى الكوبلت وفيتامين B12 فى الكبد، كما يرتفع مستوى بيروفات الدم ، ويزيد حمض الميثيل مالونيك فى البول لنقص فيتامين B12 اللازم كإنزيم فى تحويل البروبيونات إلى سكسينات ، ففى حالة نقص الفيتامين يزيد خروج هذا الحمض .



وينخفض نشاط الخلايا المتعادلة (كمؤشر للمناعة الخلوية) . وفى بداية نقص الكوبلت لاتظهر الأعراض حتى يتم استنزاف مخزون الجسم من فيتامين B12 وفى حالات النقص الشديد والنفوق يتضح عدم وجود دهون بالجسم ، ويتكون الكبد الدهنى Fatty Liver ، ويتراكم الحديد فى الطحال فيكون Hemosiderized. وأنيميا نقص الكوبلت تختلف عن أنيميا نقص الحديد وأنيميا نقص النحاس ، إذ يعان الحيوان من جوع ، مع انعدام دهن جسمه،وذهننه الكبد، ويتحطم أو لايتكون هيموجلوبين،ويتراكم الهيموسيدرين فى الطحال،ويتأخر نمو الصوف وتضعف اليافه ، مع انخفاض تركيز فيتامين B12 فى الدم.



ثور يعانى من شدة نقص الكوبلت

ويستخدم محتوى فيتامين B_{12} فى الروث كـدليل على حـالة الحيوان من الكوبلت ، فيمكن تقدير المستهلك من الكوبلت عن طريق المعادلة :

$$Y = 779 X - 0.0757$$

حيث أن (Y) تساوى المستهلك من الكوبلت جزء/ مليون فى المادة الجافة ، (X) تساوى فيتامين B_{12} فى الروث جزء / مليون فى المادة الجافة .

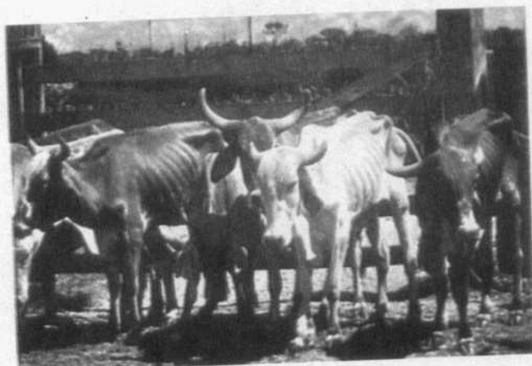
ولمنع أعراض نقص الكوبلت قد يستخدم الحقن بفيتامين B_{12} ، أو يضاف الكوبلت إلى الغذاء أو إلى الأسمدة السطحية، أو استخدام

الإضافات المعدنية المحتوية على الأقل ٠,٠٠٢ / كوبلت وهى أرخص الطرق ، وقد يستعاض عنها بالتجريع الفمى بمحاليل كوبلت بصفة منتظمة ومتكررة ، بينما تناول فيتامين B_{12} عن طريق الفم غير كفء نسبيا .

ورغم أن الكوبلت من المعادن الأقل سمية، إذ تحتمل الأغنام حتى ٣ مجم / كجم وزن جسم ، فإن زيادة تركيزه إلى ٤-١٠ مجم تؤدى إلى فقد الشهية والأنيميا ، ويؤدى التركيز الأعلى الى النفوق . والماشية أقل تحملا للكوبلت عن الأغنام ، فتركيز ١ مجم / كجم وزن جسم يؤدى إلى فقد الشهية، لذا أوصى بعدم زيادة تركيزه فى أعلاف المجترات عن ٣٠ مجم / كجم مادة جافة. وتحتمل الخنازير حتى ٢٠٠ مجم / كجم علف ، بينما ٤٠٠ -٦٠٠ مجم/ كجم تخفض النمو وتفقد الشهية للأكل وتؤدى إلى تشنجات عضلية وتصلب السيقان . وزيادة جرعة الكوبلت تظهر أعراض سمية أخرى كفقد فى وزن الجسم، خشونة غطاء الجسم ، عدم التوافق العضلى ، براز جاف ، زيادة اللعاب ، إعاقة النظم الإنزيمية المسئولة عن التنفس الخلوى ، زيادة عدد كرات الدم الحمراء Polycythemia ، زيادة الهيموجلوبين .

وينتشر التسمم بالكوبلت بين مدمنى البيرة ، لإضافته إليها كمانع للفوران . وإطالة فترة العلاج للأطفال بالكوبلت تؤدى إلى حدوث الجويتر ، فالكوبلت مثبط لإفراز هرمون الثيروكسين، كما يؤدى لاضطرابات قلبية . ويؤدى الحقن بالمثيونين إلى تخفيف الأثر

السام للكوبلت . كما يضاف للغذاء مثيونين (٠,٥ -٠,١ ٪) أو مخلوط حديد ومنجنيز وزنك (٢٠٠ ، ٤٠٠ ٤٠٠ مجم / كجم ، على الترتيب) لخفض آثار سمية الكوبلت .



بقر يعانى نقص كوبلت

الفصل السادس

اليـــود IODINE (I)

توزيعه فى الجسم :

تحتوى الغدة الدرقية Thyroid gland على أكثر من نصف يود الجسم فى صورة عضوية هى الثيروكسين Thyroxine وهو هرمون مكون من أحماض أمينية مرتبطة باليود ، وقد يوجد كذلك فى مركبات أخرى تشمل Diiodothyronine ، Triiodothyronine .

ويحتوى الجسم عادة على ٣٠ مجم يود معظمها كما ذكر فى الدرقية ، يليها فى العضلات الهيكلية ، بالرغم من أن تركيز اليود فى العضلات أقل من ٠,٠٠١ من تركيزه فى الدرقية. ويوجد اليود فى الأنسجة على صورة عضوية أو غير عضوية ، وتركيز اليود العضوى فى الأنسجة غير الدرقية صغير، بينما معظمه يقع فى الثيروكسين المرتبط مع بروتين ، والباقى وهو كم ضئيل من مركبات أخرى تشمل ثلاثى أيودوثيرونين . أما اليود غير العضوى فتركيزه منخفض للغاية ويقع على شكل يوديد Iodide بتركيز ١-٢ ميكروجرام /١٠٠جم، وفى اللعاب فإن اليود يوجد كله فى صورة غير عضوية ، وهناك علاقة تناسبية بين مستوى يود اللعاب ومستواه غير العضوى فى البلازما .

اليود فى الدرقية :

يختلف التركيز الكلى لليود فى الدرقية باختلاف المأخوذ منه فى

العليقة، وكذلك باختلاف العمر وتبعا لنشاط الغدة، فى حين أن الاختلافات بين الأنواع قليلة، وتحتوى الغدة الدرقية السليمة للثدييات على ٠,٢ -٠,٥ ٪ يود فى المادة الجافة، ويقل محتوى الغدة عند حدوث مرض الجويتر Endemic goiter حيث قد ينخفض محتوى اليود الى ٠,١ ٪ . ويوجد اليود فى الدرقية على صورة يوديد غير عضوى وكذلك فى صورة أحادى وثنائى أيودو تيروسين Mono and diiodo-tyrosine وفى صورة ثيروكسين ، ثلاثى أيودو ثيرونين ، عديدات الببتيد المحتوية على Thyroxine وكذلك Thyroglobulin وربما مركبات أخرى .

وترتبط الأحماض الامينية المحتوية على اليود مع غيرها من الأحماض الأخرى لتكوين Thyroglobulin ، وهو عبارة عن Glyco-Protein ذى وزن جزيىء ٦٥٠,٠٠٠ ، ويحتوى على ٩٠ ٪ من يود الدرقية .

اليود فى الدم :

يوجد اليود فى الدم على الصورتين غير العضوية والعضوية، ولكن تركيزه غير العضوى منخفض للغاية بحيث لايمكن تقديره مباشرة، إنما يقدر باستخدام اليود المشع، وتقدير النشاط النوعى Specific activity لليوديد فى البول أو فى اللعاب .

أما اليود العضوى فيتمثل فى الثيروكسين المرتبط مع بروتينات البلازما، أما الثيروكسين الحر فتركيزه منخفض جدا (٠,٠٥ ٪) ،

ويوجد ١٠ ٪ من اليود العضوى فى البلازما يشمل مركبات أخرى مثل ثنائى وثلاثى أيودوثيرونين ، وربما كميات ضئيلة من مواد أخرى . ولايحتوى الدم فى الأحوال الطبيعية على ثيروجلوبين .

وتركيز اليود المرتبط مع البروتين Protein bound (PBI) iodine يتمشى جيدا مع تركيز الثيروكسين ، وتجدر الإشارة الى أن Prealbumin هو البروتين الناقل لليود فى نفس الوقت الذى يتحد فيه مع Retinal binding protein الناقل لفيتامين A ، ولايحدث تداخل فى نقل الثيروكسين وفيتامين A نتيجة لدخول Prealbumin فى نقلهما. وهناك اختلافات فردية كبيرة فى تركيز PBI . ومتوسط تركيزه فى الإنسان البالغ ٥ -٦ ميكروجرام /١٠٠ مل ، ويقل التركيز قليلا عن ذلك فى الحيوانات الأخرى، ويرتفع PBI فى عدة أنواع (الإنسان ، الأغنام ، الأبقار) بتأثير الحمل ، ومستوى PBI فى الحيوانات المولودة حديثا وقبل تناولها للسرسوب يتشابه مع تركيزها فى دم الأم ، وبتناول السرسوب يرتفع المستوى كثيرا ثم ينخفض بعد عدة أسابيع أو أشهر إلى مستواه فى الحيوانات الناضجة .

ومستوى PBI يتمشى مع نشاط غدة الدرقية، فهو يرتفع عند زيادة نشاط الغدة Hyperthyroidism ، وينخفض عند انخفاض نشاط الغدة Hypothyroidism ، وكذلك فإنه يمكن ربط مستويات PBI بمعدل النمو، وذلك حتى مستوى التركيزات المثلى من PBI ، وبعد هذا المستوى الأمثل قد تصبح العلاقة سالبة .

اليود فى اللبن :

يتأثر مستوى يود اللبن بمرحلة الحليب Stage of lactation ، وكمية يود الغذاء ، والإختلافات الفردية الكبيرة فى تركيز اليود فى اللبن ، وقد تحجب أى اختلافات بين أنواع الحيوان المختلفة، ونظرا لتأثر تركيز اليود فى اللبن بكمية اليود فى العليقة فإنه يقترح أن يستخدم تركيز اليود فى اللبن كمقياس للتعرف على حالة الحيوان بالنسبة لليود ، فينخفض تركيز اليود فى الأماكن التى ينتشر فيها مرض الجويتر. وتركيز اليـــود فى السرسوب مرتفع عن تركيزه فى اللبن العادى ، ويوجد اليود فى لبن المجترات فى صورة يوديد فقط .

وجوده :

من أغنى مصادر اليود هى الأسماك البحرية واللبن ، وأملاح اليود المحتوية على ٠,٠١ ٪ يوديد بوتاسيوم (٠,٠٠٧٦ ٪ يود) أو يوديد كالسيوم أو ملح إيثيلين دى أمين دى هيدرو أيوديد (EDDI) . والملح اليودى فى العلائق المجهزة يكون يوده ثابت لأن وجود البروتين والدهون غير المشبعة تعمل على تثبيت اليود .

وظيفته :

دور اليود الوحيد المعروف هو فى تخليقه لهرمونات الثيروكسين ، ثلاثى أيودوثيرونين . ومعروف أن هرمونات الغدة الدرقية لها دور نشط فى التنظيم الحرارى ، والميتابوليزم، والتناسل ، والنمو ، والتطور ، والدورة الدموية ، ووظائف العضلات. فدور اليود الأساسى تنظيم معدل

الأكسدة فى كل الخلايا. فإضافة اليود تزيد حجم قذفه السائل المنوى ، وتركيز الحيوانات المنوية، وتخفض عدد الحيوانات المنوية المشوهة . واليود مؤثر قوى على التبويض والشياع ونمو الأجنة .

امتصاصه :

يمتص اليـود من خـلال القناة المعدية المعوية بطولهـا، والرئات ، والجلد . إذ تفرز الغدة النخامية هرمون منشط للغدة الدرقية Thyroid Stimulating Hormone (TSH) نتيـجة تنبيـة من ببتـيد تفـرزه الهيبوثالامس Hypothalamus يطلق عليه Thyrotropin Releasing Factor (TRF) ، فتقوم الغدة الدرقية بتصيد اليود من الدم لتكوين وإفراز هرموناتها . ويمتص اليود بسرعة وبالتمام . وتمتص الأحماض الأمينية المحتوية على اليود بدرجة جيدة كذلك ، وإن كان ذلك أبطأ وأقل اكتمالا عن اليوديد .

تخزينه وإخراجه :

يخزن ٧٠ -٨٠٪ من اليود الممتص فى الغدة الدرقية. ويفرز اليود أساسا فى البول، وكميات صغيرة فى البراز والعرق . وزيادته فى الغذاء تنعكس فى ارتفاع الخارج منه فى اللبن. ويعتبر تركيز اليود فى البول مقياسا جيدا لمدى كفاية يود الغذاء ، إذ يرتبط كذلك إفراز اليود فى البول بتركيز اليود فى البلازما ارتباطا جيدا . وبتحطم الثيروكسين يخرج اليـود إلى اللعـاب ، ويدخل مـرة أخـرى لتكوين ثيـروكـسين جـديد ، وهكذا .

وعموما يوجد اليود فى كل أنواع الأنسجة (مثله فى ذلك مثل الكلوريد) ، فى السوائل خارج الخلوية Extracellular Fluids ، أما مخزونه فى الدرقية فيمر بخطوات تحويله إلى يود معدنى ، أو الى صورة نشطة ترتبط مع التيروسين Tyrosine والثيروجلوبيولين Thyroglobu-lin ليتكون كل من 3.5 - diiodotyrosine , 3 - monoiodotyro-sine وذلك عن طريق إنزيمى ، ويعوق هذا الإنزيم عدد كبير من المواد المضادة للدرقية مثل Thiouracil أو زيادة تركيز اليود ذاته . ويتحد جزيئان من ثنائى أيودوتيروسين لتكوين جزىء ثيروكسين ، أو جزىء من كل من أحادى وثنائى أيودوتيروسين لتكوين جزىء ثلاثى أيودوثيرونين . وتنطلق هرمونات النخامية لتحلل الثيروجلوبيولين بواسطة Protease لينتج كل من أيودوتيروسين والهرمونات النشطة .

الإحتياجات :

تعانى معظم دول العالم (خاصة غير المطلة على بحار أو غزيرة المطر أو الجليد) من نقص اليود ، ومن الصعب تقدير الإحتياجات الغذائية منه للإختلافات الفردية الكبيرة، ولتأثيرات البيئة بما فيها الغذاء .

ويمكن الاستدلال على المأخوذ من اليود Iodine intake وكذلك مدى كفاية اليود Iodine adequacy من :

١- قياس معدل افراز الدرقية Thyroid secretion rate ، باستخدام اليود المشع I^{131} وذلك عن طريق Radioimmunoassay .

٢- قياس معدل إفراز الهيبوثالاس من Thyrotropin factor حيث إنه هـو المتحكم فى إفراز الدرقية لهرموناتها .

٣- قياس تركيز اليود فى اللبن عن طريق المعادلة الخطية بين المستهلك من اليود وتركيز اليود فى اللبن :

$$y = 37 X + 0.05$$

حيث y = المستهلك من اليود مجم / يوم / حيوان ،

X = تركيز اليود فى اللبن بالميكروجرام / لتر .

والإحتياجات مرتبطة بسرعة الميتابوليزم وسرعة انتاج الحرارة، لذا فهى غير ثابتة لارتباطها بالنمو، والجنس ، وانتاج اللبن ، ونوع الحيوان، وطبيعة النباتات ، ومدى احتوائها ، على مواد جويترية مثل الثيوسيانات (فى العائلة الصليبية) ، فالإحتياجات مرتبطة بانتاج الحرارة، أى بمستوى الثيروكسين ، وبعدم اتزان المعادن، إذ أن ارتفاع الزرنيخ والفلور والكوبلت والكالسيوم يضاعف الإحتياجات من اليود ، أما الثيوسيانات والبيركلوريد يمكنها تقليل امتصاص اليود فى الدرقية .

ويتحصل الحيوان على ٩٠٪ من احتياجاته اليودية من الغذاء، وليس من الماء . ومحتوى النباتات من اليود يتوقف على النوع للنباتات ونوع التربة ، ونوع السماد ، والإختلافات الموسمية والجوية .

وتبلغ الإحتياجات من اليود ٥٠ - ٣٠٠ ميكروجرام / يوم / فرد، ٠,٠٥ - ٠,٨ جزء / مليون للمجترات . وتزيد الإحتياجات فى

حالة وجود المواد الجويترية Goitergens (أى بالتغذية على الشلجم Rape واللفت والخردل والبرسيم الأبيض وكسب فول الصويا والكتان وغيرها)، بينما تقل الاحتياجات اليودية فى حالة ارتفاع درجة الحرارة الجوية لانخفاض نشاط الدرقية. وتبلغ احتياجات الدواجن ٣٥٠ ميكروجرام / كجم علف .

نقصه وزيادته :

تظهر أعراض النقص فى الإنسان والحيوان تقريبا فى كل بلاد العالم ، وانخفضت نسبة ظهور الجويتر Goiter (تضخم الغدة الدرقية) فى كثير من الدول لكثرة استخدام الملح اليودى ، إلا أنه مازال مرض متوطن فى عديد من الدول الإستوائية ، فى الانسان والحيوان ، فيظهر التقزم الحاد Severe Dwarfism المعروف باسم Cretinism . وقد أشار تقرير لليونيسيف إلى أن نقص اليود هو السبب الرئيسى للتخلف العقلى ، فنقصه الحاد خلال فترة الحمل يؤدى الى تلف الدماغ ، ونقصه الأقل من الحاد يخفض مستوى الذكاء لدى الأطفال. وقد أشار مؤتمر القمة العالمى من أجل الطفل عام ١٩٩٠م إلى نقص اليود (والحديد وفيتامين A) فى أطفال ونساء البلدان النامية . فيؤدى نقص اليود الى تلف الدماغ والتخلف العقلى فى حوالى ٤٣ مليون شخص فى العالم ، بجانب حوالى ٧٦٠ مليون شخص يعانون من الجويتر .

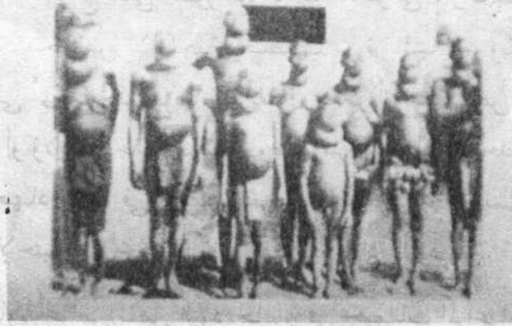
وتعانى صغار المجترات من نقص اليود ، فيظهر ضعف عام، وقد تولد عمياء ، وعديمة الشعر ، أو ميتة ، مع أعراض مرضية تتوقف

شدتها على مدى النقص . وقد يكون تضخم نسيج الغدة الدرقية (جويتر) أقل شدة عن فقد الشعر أو الصوف. ويظهر الفحص النسيجى مدى الضرر الواقع على تطور مخ الأجنة للحوالى . وغالبا ما يميز نقص اليود انخفاض الانتاجية واضطراب دورة الشياع ، ويقف النمو الجنينى فى أى مرحلة مؤديا إلى نفوق مبكر أو امتصاص الجنين أو سقوطه ، أو ولادة نتاجات ضعيفة، وطول فترة الحمل . ويحدث الجويتر نتيجة اجهاد الغدة فى تكوين أنسجة جديدة لتزيد من نسبة افرازها لمواجهة الإحتياجات تحت ظروف نقص الإمداد باليود .

وتقاوم أعراض نقص اليود خاصة فى حيوانات المراعى باستخدام الملح اليودى البوتاسى أو الصوديومى أو الكلسى ، لكن يخشى من غسيله أو تبخيره من مكعبات الملح تحت الظروف الرطبة الإستوائية، لذلك هناك صور ثابتة مثل يودات البوتاسيوم ، يوديد بوتاسيوم مثبت ، أورثوبير أيودات بنتاكالسيوم . وقد يضاف اليود فى أقراص ملح الطعام ، وقد يحقن فى صورة مركبات عضوية أو يضاف مع ماء الشرب أو اللبن ، أو باستعمال أسمدة يودية (سماد نترات شيلى). ومن الجدير بالذكر أن اليود يقل فى التربة الخفيفة، ويقل بكثافة المحصول وبزيادة التسميد النيتروجينى (لتركيز المواد الجويترية). والنقص قد يصاحبه فقد الرغبة الجنسية للذكور، وصعوبة البلع ، وسعال ، وسيولة الدموع .

ويشخص نقص اليود بقياس البروتين المرتبط باليود فأي نقص يشخص مرض الجويتر ، فالمستوى الطبيعى فى الإنسان ٥ -٦

ميكروجرام / ١٠٠ مل سيرم ، فإذا انخفض إلى ٣ ميكروجرام / ١٠٠ مل يكون هناك نقص فى اليود .



مرض الجويتر المتوطن فى سكان أفريقيا الوسطى لنقص اليود.



حولى منزوع الجلد لتوضيح تضخم الغدة الدرقية (جويتر) لنقص اليود



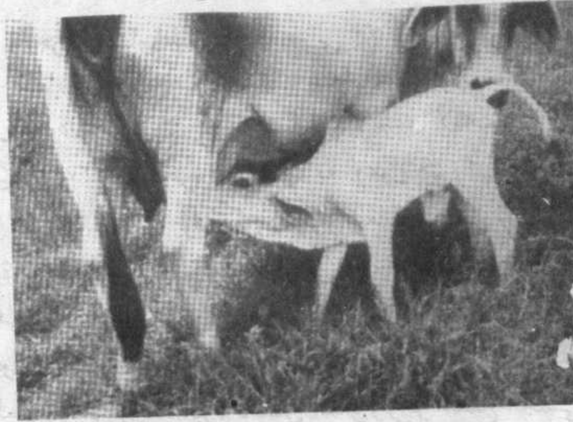



جويتر فى العجول والماعز لنقص اليود





أعلى : جويتر فى الماعز لنقص اليود .
أسفل : جويتر فى العجول لنقص اليود .



جويتر فى عجل رضيع فى منطقة منخفضة جدا فى اليود

والتسمم اليودى يصاحبه فرط إفرا زالغدة الدرقية Hyperthyroi-dism ويعرف بمرض جراف Grave's Diseaseأو الجويتر الجحوظى Exophthlmic Goiter ، وفيه ترتفع نسبة التمثيل الأساسى إلى ١٠٠ ٪ فوق المستوى الطبيعى ، مع زيادة تركيز الثيروكسين فى الدم، وسرعة الإثارة العصبية، ونقص الوزن وزيادة الشهية، وضعف القدرة على تحمل الحرارة ، ورجفة اليدين عند مدهما،، وجحوظ العينين .

والجرعة السامة للحيوانات حوالى ٥٠ مجم/ كجم وزن جسم ، ويصاحبها نقص الوزن ، وانخفاض انتاج البيض وفقسه فى الدواجن . وتناول اليود بتركيزات عالية لمدة طويلة يؤدى لانخفاض استهلاك الدرقية لليود، وانخفاض احتفاظها به. وطول فترة تناول ٥٠ - ١٠٠ جزء / مليون للماشية تؤدى لزيادة إفراز اللعاب وسوائل الأنف والدموع، واحتقان القصبة الهوائية مؤدية للسعال وانخفاض استهلاك الغذاء، لذا فالحد الأقصى المأمون من اليود ٨-٢٠ جزء/ مليون فى الغذاء. فتسمم العجول يصاحبه زيادة وزن الدرقية والأدرينال، وانخفاض الهيموجلوبين وكالسيوم الدم. وزيادة اليود تخفض النمو وتؤخر النضج الجنسى .

ويعالج التسمم اليودى بالغسيل المعدى بمحلول نشا مع الملطفات، وقد يعطى كذلك ثيوسلفات الصوديوم .



سيدة تعانى من تضخم الدرقية
وجحوظ العين لزيادة اليود

الفصل السابع

السيلينيوم SELENIUM (Se)

عنصر غذائى هام لبعض أنواع الدواجن والشدييات ، يوجد فى التربة، ويرتبط بالنباتات فى صورة سيلينومثيونين أو سيلينوسيستين . ويرتبط السيلينيوم وظيفيا بفيتامين (E) ، فكلاهما يحمى الأنسجة من التلف الأوكسيدى ، ويدخل السيلينيوم كجزء من إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز (GSH- Px) . ويزيد سيلينيوم النباتات بزيادته فى التربة، كما يزيد سيلينيوم الأنسجة الحيوانية بزيادته فى الغذاء. وأعلى تركيزاته توجد فى قشرة الكلى Cortex ثم فى الأنسجة الغدية خاصة البنكرياس والنخامية والكبد، وهو منخفض التركيز فى العضلات والعظام والدم، وفقير جدا فى الأنسجة الدهنية .

وجوده :

يوجد السيلينيوم كعنصر حيوى تقريبا فى كل الأنسجة عدا الأنسجة الدهنية، فيوجد فى بيض الدجاج بمعدل ١٠ – ١٢ ميكروجرام / بيضة ، معظمها فى الصفار، وتركيزه فى قشرة الكلى ٠,٢٥ جزء / مليون ، وفى الكبد ٠,٠٢ جزء / مليون (مادة طازجة) فى الأغنام منخفضة السيلينيوم فى الغذاء ، بينما يرتفع الى ١,٠ جزء / مليون فى قشرة الكلى، ٠,١ جزء / مليون فى كبد الحيوان طبيعى التغذية بالنسبة للسيلينيوم . وبزيادته فى الغذاء يرتفع فى الكلى والكبد

إلى ٥-٧ جزء / مليون ، ولكن زيادته عن ذلك تفرز من الجسم . ويحتوى اللبن عادة ٠,٠٠٥ ميكروجرام / مل . ويوجد فى الدم بتركيز ٠,٠٥ - ٠,٢٠ ميكروجرام / مل ، وهو فى كرات الدم الحمراء معظمه فى صورة جلوتاثيون بيروكسيداز، كما يوجد فى شبكية العين. ويوجد فى ماء الشرب بتركيز أقل من ١٠ جزء / بليون .

وظيفته :

السيلينيوم عامل محدد جدا فى أولى مراحل النمو ، خاصة مع انخفاض بروتين الغذاء، لذلك فهو لازم للكتاكيت مثلا لخفض معدل النفوق ، ولزيادة النمو عند الإصابة بالكوكسيديا، فالسيلينيوم (أو فيتامين E) يزيد المناعة والنمو والكفاءة الغذائية ، كما يفيد فى الوقاية من الإستعداد للرشح Exudative Diathesis ، ومرض العضلات البيضاء وتهتك القانصة ، والضمور العضلى ، والتهاب عضلة القلب ، ونكرزه الكبد ، والأنيميا فى الكتاكيت ، كما يحافظ على نسبة الفقس ، والترييش الجيد ونمو الصوف . والسيلينيوم مطلوب لتخليق البروتين، ولتكوين الجلوتاثيون بيروكسيداز اللازم لتخليق البروستاجلاندين ذو الأهمية فى حركة العضلات الناعمة كالقلب ، كما يشترك فى تفاعلات الكيمياء الضوئية فى الإحساس بالضوء .

فيدخل السيلينيوم فى تركيب إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز Glu-tathione Peroxidase (Glutathione = H_2O_2 Oxidoreduc-tase) والذى له رقم كود إنزيمى مميز (E.C. 1.11.1.9) حيث ترتبط

أربعة ذرات سيلينيوم بجزىء الإنزيم ، لذلك يعتبر نشاط هذا الإنزيم مقياس جيد للتعرف على حالة السيلينيوم الغذائية . وهذا الإنزيم ضرورى لتكسير فوق أوكسيد الهيدروجين والبيروكسيدات العضوية، ولذلك يقوم هذا الإنزيم بحماية الجدر الخلوية والمكونات المعرضة للتأكسد . ويقوم فيتامين (E) بنفس النتيجة لكن عن طريق منع تكوين البيروكسيدات . فيقوم الإنزيم بتحويل فوق أوكسيد الهيدروجين الناشىء من أنيونات فوق الأوكسيد (O_2^-) إلى ناتج غير ضار هو الماء (H_2O) ، منعا من نشأة أصول حرة Free Radicals تهاجم الليبيدات غير المشبعة فتتلف الأنسجة ، بينما الفيتامين تثبط تكوين الأصول الحرة فتحمى الليبيدات .

$$\bar{O}_2 \longrightarrow H_2O_2 \longrightarrow H\bar{O} + O\bar{H} + O_2 \xrightarrow{Vit.\,E} \text{Free Radicals}$$

$H_2O \downarrow$ GHS-Px (Se)

وتنشأ الهيدروبيروكسيدات عن طريق السموم التى تنشط إنتاج الشقوق الحرة الأوكسجينية ، فيعمل السيلينيوم على إزالة هذه البيروكسيدات من الخلايا مما يخفض من التلف الناشىء من الأصول الحرة. فالسيلينيوم (وفيتامين E) لازم لحفظ جدر الخلايا وأغشية أنسجة الجسم، فهو مانع لأكسدة الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع، ونقصه يؤدى إلى سوء تغذية العضلات (مرض العضلات البيضاء)، وتصلب القوائم ، وشلل ، واضطرابات تناسلية، والتهاب رئوى ونقص النمو.وأكثر الأنسجة تأثرا بنقصه هو الكبد . يفترض وجود

تداخل بين السيلينيوم وفيتامين هـ على مستوى الخلية يؤثر عى تكوين البيروكسيدات ، فالفيتامين كمضاد أكسدة يثبط تكوين هذه البيروكسيدات فى الأنسجة، بينما السيلينيوم (فى إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز) يحطم هذه البيروكسيدات السامة .

ومن وظائف السيلينيوم البيوكيماوية كذلك دخوله كبروتين سيلينيومى فى السبرماتوزوا ، كبروتين بنائى فى الميتوكوندريا ، أو كإنزيم . ويلعب دوراً كذلك فى الحمض النووى RNA ، لارتباط السيلينيوم بالبيورين أو بالبيريميدين . وربما يلعب دور فى تخليق البروستاجلاندين ، وميتابوليزم الأحماض الدهنية الضرورية. والسيلينيوم (وفيتامين E) مطلوب للإستجابة المناعية ، ويقى من المعادن الثقيلة (كادميوم ، زئبق ، زرنيخ)، كما يدخل السيلينيوم فى تركيب إنزيم Iodothyronine 5' - deiodinasey الذى يساعد فى نزع يود الثيروكسين وتحويله إلى ثيروكسين نشط بيولوجيا -triiodo - 5. '3.3) . thyronine)

امتصاصه :

يمتص السيلينيوم من الأمعاء والأعور بكفاءة، حتى مع المستويات السامة . ويحدث الإمتصاص (عند إعطاء مستويات فسيولوجية) من الإثنى عشر Duedenum ، ولايحدث الإمتصاص من الكرش أو الأنفحة فى الأغنام أو من المعدة فى الخنازير ، كذلك فإن الدراسات تشير إلى أن الحيوانات وحيدة المعدة أكفأ وأعلى امتصاصا للسيلينيوم عن

الحيوانات المجترة، ففى إحدى التجارب على الأغنام وجد أن الإمتصاص الصافى بلغ ٣٥٪ ، بينما فى الخنازير قد وصل الى ٨٥٪ .

وتختلف المصادر والأملاح المختلفة للسيلينيوم فى درجة امتصاصها، حيث تشير دراسات السمية فى الفئران أن Selenomethi-onine (وهى الصورة التى يعتقد أنها الموجودة فى النباتات الغنية بالسيلينيوم) أكثر إمتصاص من Selenites ، Selenates ، وأن الإمتصاص منخفض جدا من السيلينيوم المعدنى والسيلينيد Selenide ، كما تختلف الصور المختلفة للسيلينيوم في درجة منعها نكرزة الكبد Liver necrosis فى الفئران ولمرض الاستعداد للرشح Exudative di-atheses فى الكتاكيت، ولكن ذلك قد لايعكس مجرد الإختلاف فى الامتصاص .

وقد وجد أن الإمتصاص والإحتفاظ بالسيلينيوم يكون أكثر كفاءة فى الحيوانات الناقصة فى السيلينيوم عن الحيوانات المستكفية منه .

تخزينه واخراجه :

ويحمل السيلينيوم الممتص فى البلازما مع البروتينات حيث يدخل إلى الأنسجة المختلفة، ويختلف توزيعه داخل الخلية Intracellular dis-tribution باختلاف الأنسجة ، فقد وجد أنه يتوزع بإنتظام بين السوائل والجسيمات ، فى حين أن ٧٥٪ من النشاط قد وجد مرتبطا بالجزء النووى فى قشرة الكلى .

والسيلينيوم المحتفظ به فى الأنسجة متحرك للغاية، فبعد نقل

الحيوانات من التغذية على نباتات غنية فى السيلينيوم إلى التغذية على نباتات عادية المحتوى يقل السيلينيوم فى الأنسجة .

ويخرج سيلينيوم الغذاء فى المجترات مع البراز بدرجة أكبر منه فى البول ، وهذا عكس الحال فى الحيوانات وحيدة المعدة، حيث يمثل البول المخرج الرئيسى للسيلينيوم. أما إذا أعطى حقنا فإن البول يصبح هو الطريق الأكبر للإخراج، سواء فى المجترات أو فى وحيدة المعدة. وكذلك يخرج جزء منه على هيئة مركب طيار dimethyl selenide، وتزيد نسبة السيلينيوم المخرج خلال التنفس بزيادة كمية السيلينيوم المعطاه .

ويبدو أن معظم السيلينيوم فى الروث هو غير الممتص ، وأن الإفراز فى الصفراء أو العصارات المعوية أو البنكرياس يمثل نسبة صغيرة من سيلينيوم الروث ، والسيلينيوم الموجود فى روث المجترات يكون على صورة غير ذائبة فى الماء أو المذيبات العضوية، وتقوم الميكروبات فى الكرش بتحويل السيلينيوم إلى صور غير ذائبة ، فقد وجد أن ٤٠ ٪ من السيلينيوم الموجود من Selenite قد تحول الى صور غير ذائبة عند تحضينة مع ميكروبات الكرش . وقد وجد أن تركيز السيلينيوم فى ميكروبات الكرش أعلى بكثير من محتواه فى الغذاء ، وأن هذه الميكروبات قادرة على إدخال السيلينيوم فى الأحماض الأمينية المحتوية عليه Seleno amino acids ، كما أن السيلينيوم يؤثر على الميتابولزم فى الكرش وعلى تخليق البروتين الميكروبى .

ونظرا للتشابه بين الكبريت والسيلينيوم ، فإن الكبريتات تؤثر على

ميتابولزم السيلينيوم ، حيث تقلل الكبريتات من سميته وتزيد من أعراض نقصه ، وإعطاء الكبريتات يزيد من إخراج السيلينيوم فى البول ، وتأثير الكبريتات على ميتابولزم السيلينات أكبر من تأثيرها على ميتابولزم السيلينيت .

ويمكن نقل السيلينيوم إلى الجنين خلال المشيمة وذلك إذا ما أعطى السيلينيوم غير العضوى أو العضوى ، وإن كانت المشية تعمل إلى حد ما كحاجز أمام السيلينيوم غير العضوى .

ويقل تخزين السيلينيوم فى الأنسجة فى حالة زيادة النحاس ، كما يقل نشاط إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز فى الكبد والخص والكلى والدم . ووجود ثنائى الفينيل عديد الكلور يخفض كذلك من الإستفادة البيولوجية لسيلينيوم الغذاء .

فتخزين السيلينيوم أساسا فى الكبد والكلى وغيرهما من الأنسجة الغدية ، وإخراجه فى البول والروث والنفس .

الإحتياجات :

الحد الأدنى اللازم من السيلينيوم فى الغذاء لنشاط إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز هو ٠,١ -٠,٣ مجم / كجم ، والحد الأعلى لازم أثناء الحمل لتحسين حالة الجنين الحيوية والمناعية. ويتوقف الإحتياج للسيلينيوم على حالة السيلينيوم من قبل ومدى كفايتها ، وعلى الصورة الكيماوية للسيلينيوم ، وتداخل العوامل الغذائية الأخرى مثل فيتامين (E) ، والكبريت والنحاس والزئبق والزرنيخ والكادميوم ،

والدهون والبروتينات . فهناك تداخلات غذائية معقدة بين السيلينيوم وفيتامين (E) ، فأحدهما يمكن من توفير الآخر ، أو يؤثر على الإحتياجات من الآخر ، لكن لايحل كلية محل الآخر . وتركيز ٠,٠٥ مجم سيلينيوم / كجم غذاء جاف يعتبر دون المطلوب ويؤدى لظهور أعراض نقص مرضية . والعناصر الثقيلة كالكادميوم والزئبق تزيد الإحتياجات من السيلينيوم، ووجود الإثوكسى كوين (كمضاد أكسدة) يخفض من الإحتياجات من السيلينيوم . ومن أكثر مركبات السيلينيوم فائدة هى السيلينوميثيونين وكذلك خميرة السيلينيوم Seleno yeast (مثل Sel- Plex50)، فالمركبات العضوية أكثر وفرة وفائدة لكنها مكلفة .

نقصه وزيادته :

يؤدى نقص السيلينيوم إلى نقص النمو وسوء تغذية العضلات أو ما يطلق عليه بمرض العضلات البيضاء، ونقص الأداء التناسلى . ومرض سوء تغذية العضلات مرض اضمحلالى Muscular degener-ative myopathy يحدث فى صورتين ، الأولى صورة خلقية أو فطرية Congenital ، إذ يولد الكائن نافق أو ينفق عقب الولادة بأيام قلائل نتيجة إجهاد فجائى فى الرعاية أو فى سبق . والصورة الأخرى (مرض العضلات البيضاء المتأخر) تتطور عقب الولادة بشهور . ويميز مرض العضلات البيضاء ضعف ، تصلب ، تدهور العضلات ، صعوبة الوقوف، العضلات الهيكلية والقلب يشوبها لون أبيض جيرى وتدهور ونكرزة . وقد تتأثر عضلات اللسان فتمنع الرضاعة. وتحدث الوفاة فجأة

لهبوط القلب للتلف الشديد فى عضلته . وقد تنتشر هذه الحالة بمعدلات عالية (٢٠-٣٠٪ فى تركيا ونيوزيلاند) بشكل منتظم فى الحيوانات (عجول ، حوالى ، جداء) وقد تظهر الحيوانات ضعف الأرجل وارتعاش العضلات وشلل ، وضعف الجهاز المناعى .

وتنتشر الأوديما فى معظم الأنسجة، وأنيميا ، والتهابات رئوية، وشفافية جدر الشرايين ، وفى الخنازير يؤدى النقص إلى مرض القلب التوتى Mulberry Heart Disease أو ما يعرف باسم Dietetic Microangiopathy والذى يؤدى الى نفوق جماعى لتكوين جلطات بالشرايين فى عضلة القلب . وبنقص السيلينيوم (والجلوتاثيون بيروكسيداز بالتالى) يتعرض الكائن لسمية الملوثات المختلفة ، وتتفتق الخلايا وتفقد سوائلها، وتقل كفاءة تحويل الثيروكسين (T4) إلى (T3)، ويقل معدل الحمل ، وتحتبس المشيمة ، وتحدث أوديما نزفية أو استعداد للرشح Exudative diathesis ، تحلل كرات الدم الحمراء ، اسهال شمعى Steatorrhea .

ونقص السيلينيوم يظهر المؤكسدات كفوق أوكسيد الهيدروجين والبيروكسيدات ، والتى لها القدرة على دنترة غير عكسية للبروتينات الخلوية الأساسية، فتؤدى إلى نكرزة وتدهور الأنسجة. وينخفض السيلينيوم فى التربة المكونة من صخور نارية أو جرانيتية أو رمل خفاف . ويقل سيلينيوم النباتات فى التربة الحامضية ، ولوجود زيادة من الكبريت. والبقوليات أقل امتصاصا للسيلينيوم عن الحشائش ، ويقل السيلينيوم فى النباتات بسقوط الأمطار.



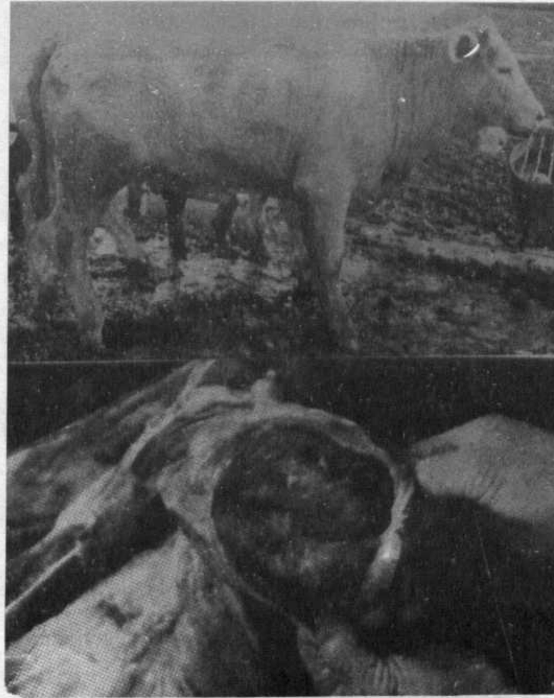
عجل عمر ٣ شهور يظهر كساح وضعف عضلى عام للإصابة بمرض العضلات البيضاء

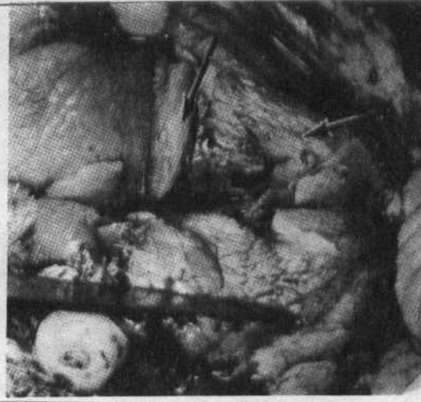




مناطق بيضاء فى عضلة القلب للإصابة بمرض العضلات البيضاء لنقص السيلينيوم

نقـص السيلينيوم
(وفيتامين E)
يظهر إنثناء
العرقوب ومفصل
الوظيف
(أعلى) ونكرزة
وتعريق أبيض
جيرى فى بطن
العضلات
(أسفل)





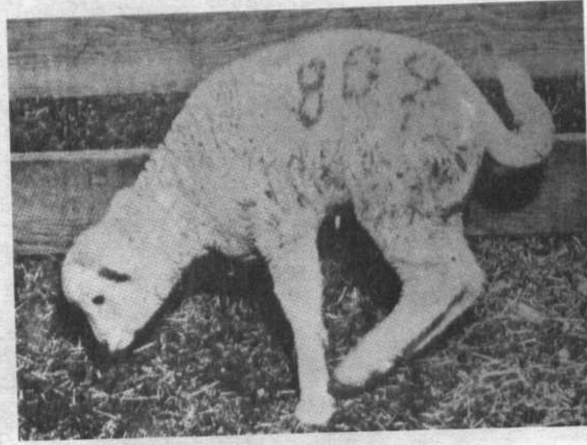
أعراض نقص السيلينيوم : ضمو العضلات أو سوء التغذية العضلية Nutritional Muscular dystrophy ، لاحظ العضلات البيضاء الجيرية (التى تشير اليها الأسهم).



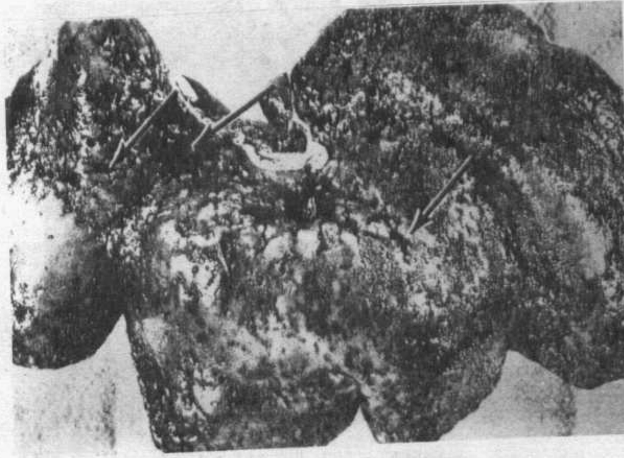
تخطيط أبيض لبطين قلب مهرم Foal مصاب بتدهور قلبى لسوء التغذية Dystrophic myodegeneration (نقص السيلينيوم وفيتامين E)



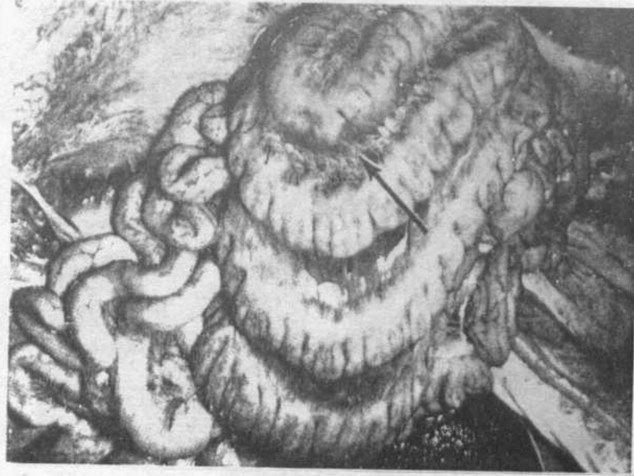
شحوب لون Pallor عضلات ساق خلفية للمهر المصاب (عالية) بتدهور القلب الغذائى (نقص السيلينيوم وفيتامين E)



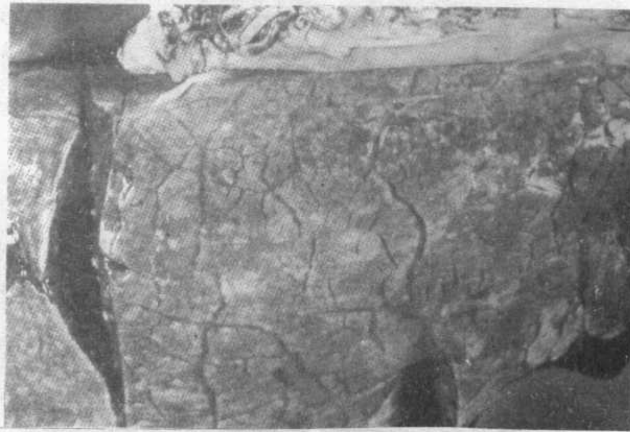
حولى متصلب Stiff Lamb Disease أو مصاب بمرض العضلات البيضاء غير قادر على الوقوف لضمور العضلات.



نكرزة كبدية لنقص السيلينيوم فى الخنازير



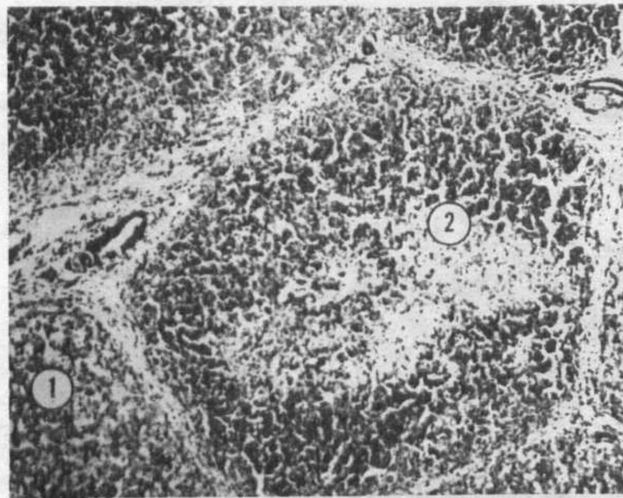
أوديما المساريقا للقولون لنقص السيلينيوم فى الخنازير



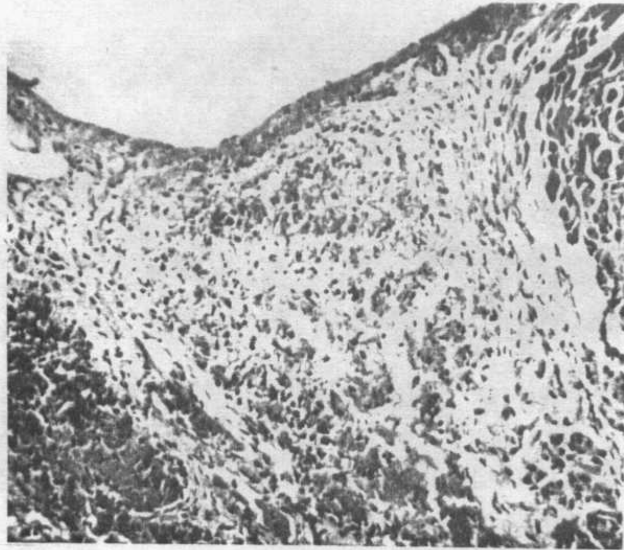
أوديما رئوية لنقص السيلينيوم فى الخنازير



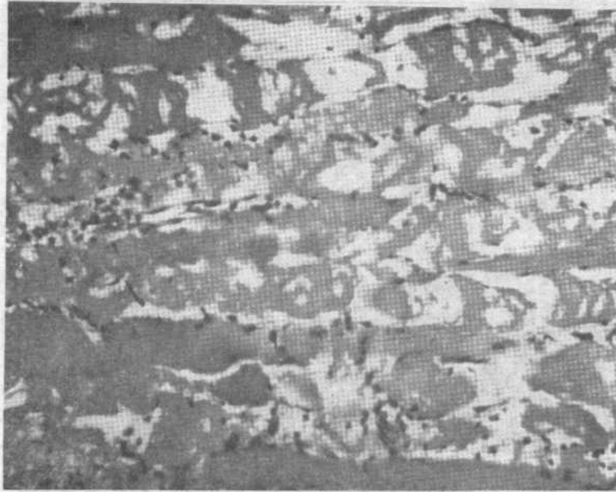
سوء تغذية عضلية فى عضلة قلب خنزير يعانى نقص سيلينيوم



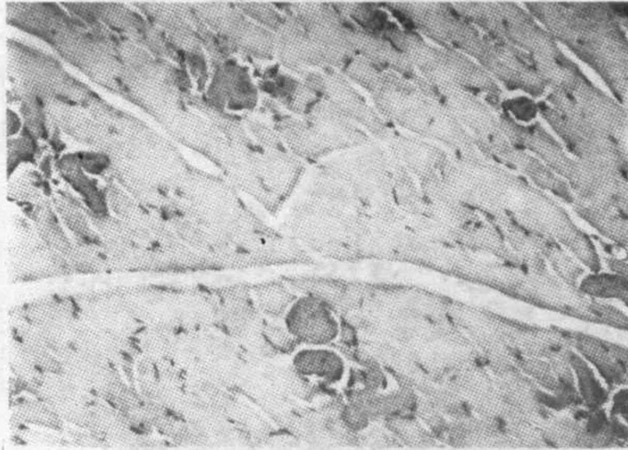
نكرزة كبدية غذائية: فصيص عادى (١) ، فصيص ميت (منكرز) (٢) فى خنزير يعانى نقص سيلينيوم



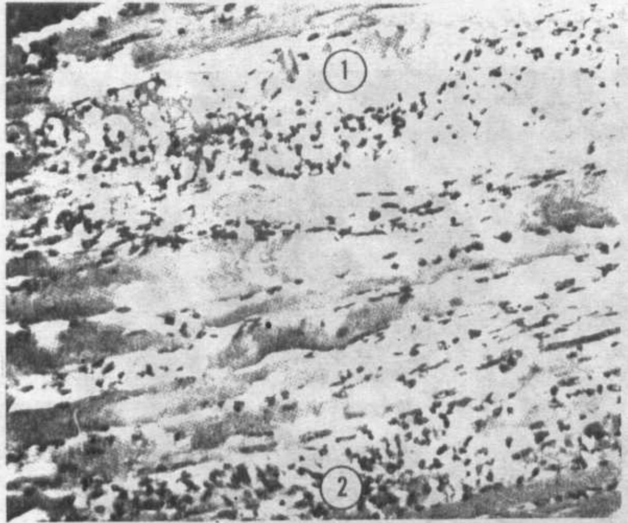
عدم تسنين كبسولات الكبد لنكرزته وتليفه لنقص السيلينيوم فى الخنازير



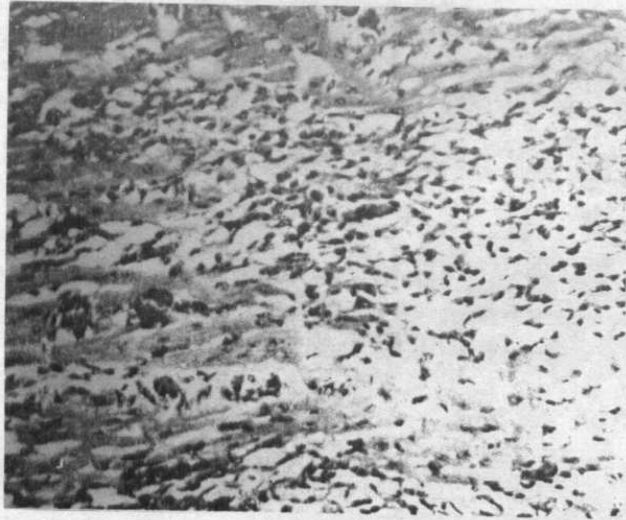
فقد التخطيط ، تكسر ، وتحوصل الياف العضلات الهيكلية لنقص السيلينيوم فى الخنازير



ترسيبات معدنية فى ألياف العضلية الهيكلية لنقص السيلينيوم فى الخنازير



تكسر ألياف عضلة القلب (١) وتراكم خلايا وحيدة الأنوية (٢) فى الخنازير التى تعانى نقص السيلينيوم



نكرزة بؤرية وتراكم خلايا وحيدة الأنوية فى عضلة قلب خنزير يعانى من نقص السيلينيوم



اضمحلال جدر الشرايين ونزف (سهم) عضلة القلب فى خنازير تعانى من نقص السيلينيوم

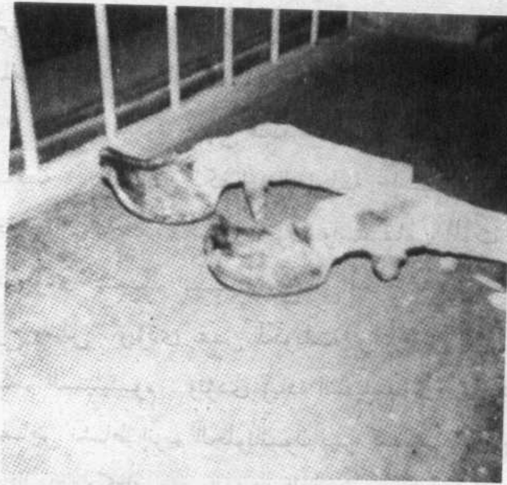
ويشخص نقص السيلينيوم بانخفاض تركيز السيلينيوم ونشاط جلوتاثيون بيروكسيداز فى الدم والأنسجة، وارتفاع نشاط إنزيم الكرياتين فوسفوكيناز (CPK) فى البلازما وكذلك الجلوتاميك أوكسالو أسيتيك ترانس أميناز فى السيرم (SGOT) .

ويتم التغلب على أعراض نقصه بإعطاء السيلينيوم وفيتامين(E) فى الغذاء أو بالحقن مع الحذر لشدة سمية السيلينيوم ، فأكثر الحيوانات حساسية لسميته ، هى التى تعانى من نقصه . كما يمكن رش المراعى الناقصة فى السيلينيوم بسيلينيت الصوديوم (٣٠ - ٦٠ جم / فدان) . وتربة مصر ونباتاتها منخفضة السيلينيوم .

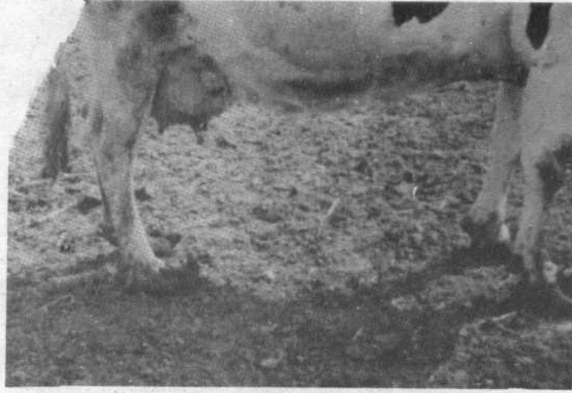
الأراضى المحتوية على ٠,٥ جزء / مليون سيلينيوم فأكثر تكون خطرة، وتنقل إلى نباتاتها تركيزات سامة على الحيوانات وتصير المنتجات المختلفة ضارة للإنسان كذلك . وتؤدى السمية (بالتغذية على أعلى من ٥ جزء / مليون) إلى فقد الشهية والحيوية ، خشونة الشعر وتساقطة ، انخفاض الكفاءة التناسلية ، إسهال مائى ، ارتفاع فى درجة حرارة الجسم ، هبوط ، نزف واستسقاء ، الموت لهبوط التنفس . كما يؤدى التسمم السيلينيومى إلى أعراض عصبة فى شكل عمى وعرج وشلل . ويؤدى نقص الكوبلت والبروتين الى زيادة الحساسية لتسمم السيلينيوم . وتؤدى زيادة السيلينيوم (وفيتامين E) إلى انخفاض نشاط إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز وزيادة نشاط إنزيم الجلوتاثيون ردكتاز ، ويزداد تزنخ الدهون ، وزيادة سيلينيوم الدم واللبن ،

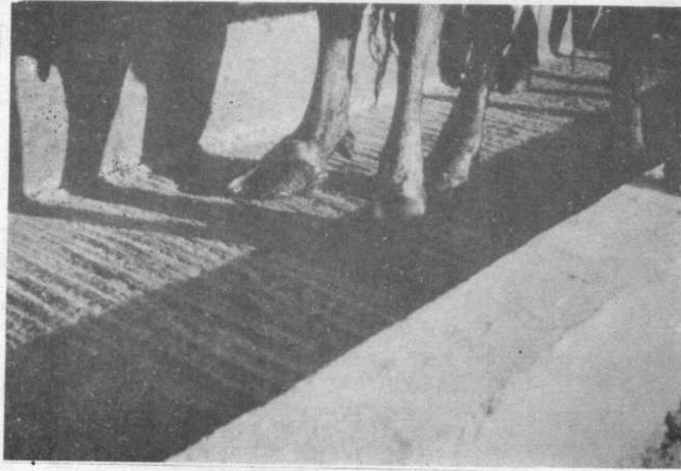
بلادة وتصلب المفاصل ، تغييرات وتشويهات فى الأظلاف ، ضمور القلب ، تليف الكبد ، جرش الأسنان .

والجرعة المميتة من السيلينيوم ٢ مجم سيلينيت صوديوم / كجم وزن جسم ، والمدى بين التركيز المحتمل والتركيز السام ضيق ، وقد يحدث استنشاق أو بلع لمسحوق السيلينيوم الناعم جدا ، مما يودى الى تشويه أقدام النساء المعرضة للمسحوق . ويمكن تخفيف أعراض السمية برفع مستوى الكبريت فى الغذاء ، أو برفع مستوى البروتين أو الزرنيخ . إلا أن العلاج الجذرى هو هجرة المناطق الموبوءة . ويطلق على هذا التسمم أسماء مثل Alkali disease ، Blind staggers .

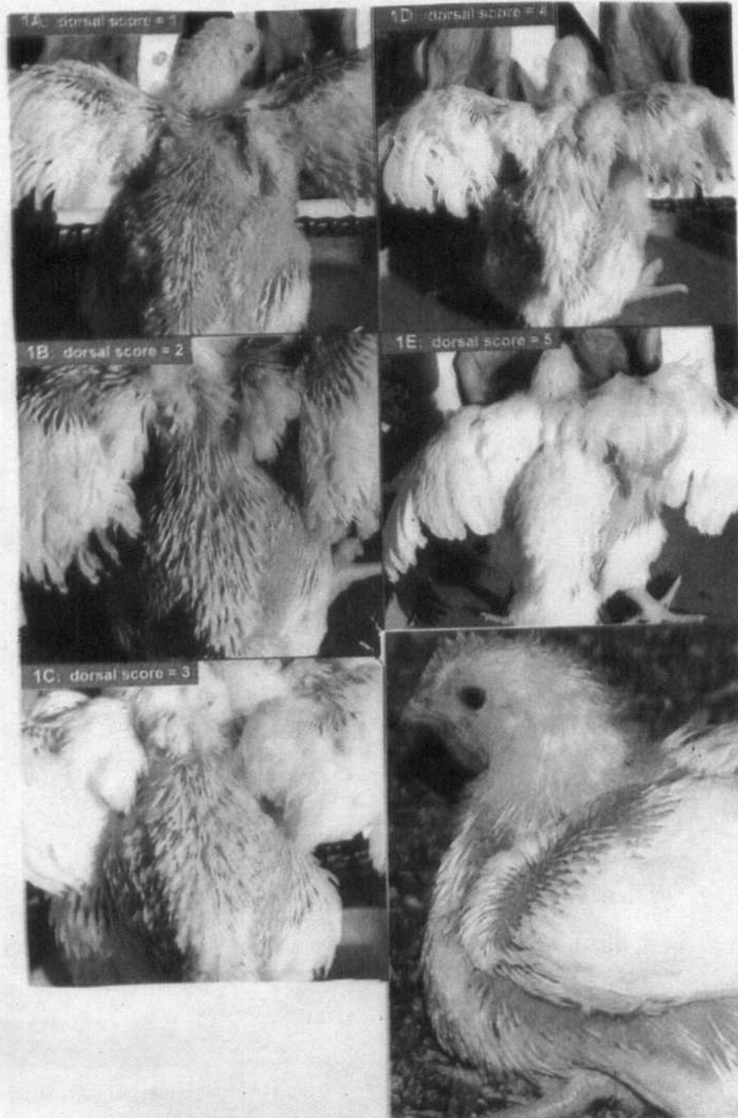


تشوية أظلاف الحيوانات فى التسمم بالسيلينيوم





تشوية أظلاف الحيوانات فى التسمم بالسيلينيوم



نقص السيلينيوم يؤدي إلي سوء الترييش

الفصل الثامن

الموليبدنم (Mo) MOLYBDENUM

عنصر نادر (من العناصر الثقيلة) ، أشهر مركباته الموليبدنيت (MoS_2) ، يوجد بتركيز منخفض فى المياه الطبيعية (٠,٥ – ٢,٠ جزء / بليون فى ماء البحر ، ٠,١ –٦٠ جزء / بليون فى الماء السطحى) ، بينما ترتفع تركيزاته فى ماء الصرف الصناعى . ينتقل من التربة إلى الأغذية ، وهو سام للحيوانات المجترة، ضعيف السمية للإنسان. ويزيد الموليبدنم فى التربة القلوية والمتعادلة سيئة الصرف .

وجوده :

يوجد بتركيزات منخفضة فى المراعى (١–٣ جزء / مليون ، وقد ترتفع إلى ١٠٠ جزء / مليون فى المناطق الملوثة) والحيوانات بمختلف أنسجتها، ويوجد فى اللبن بتركيز ٠,٠٢ – ٠,١٠ جزء / مليون .

وظيفته :

الموليبدنم معدن ضرورى لتثبيت الآزوت بواسطة الكائنات الدقيقة والنباتات . وهو ضمن تركيب ستة إنزيمات تشتمل على الزانثين أوكسيداز ، ألدهيد أوكسيداز ، سلفيت أوكسيداز ، نيترات ردكتاز ، فلافوبروتيناز ، وغيرها مما يدخل فى ميتابوليزم البيورينات والبيربميدينات والبتيريدينات والألدهيدات ، وفى أكسدة السلفيت . ويدخل كل من

الزانثين أوكسيداز والألدهيد أوكسيداز فى سلسلة نقل الإلكترونات فى الخلايا مع السيتوكروم (C) . كما يشارك الألدهيد أوكسيداز فى ميتابوليزم النياسين . ويؤكسد السلفيت بواسطة السلفيت أوكسيداز إلى سلفات لتخرج فى البول .

امتصاصه :

يمتص الموليبدنم بسرعة من المعدة الحقيقية ومن الأمعاء الدقيقة، ويتأثر امتصاصه بوجود الكبريتات غير العضوية. وبزيادته فى الغذاء يرتفع مستواه فى الدم والأنسجة الأخرى . ويمتص سواء فى صور ذائبة أو غير ذائبة .

تخزينه وإخراجه :

لايخزن بكثرة ، لكن تركيزاته الأعلى توجد فى العظام والكبد . فيخزن فى الجسم حوالى ٧٪ من المستهلك ، منها ٢٧٪ فى الهيكل العظمى ، ٢٠٪ فى الكبد، ١٤٪ فى الجلد، ١٢٪ فى العضلات .

ويخرج الموليبدنم من الجسم بسرعة أساسا فى البول ، وبكميات بسيطة فى الروث واللبن . وانخفاض كبريتات الغذاء تخفض الخارج من الموليبدنم فى البول ، وتزيد مستوى الموليبدنم فى الدم، والعكس بالعكس . كما أن زيادة موليبدنم الغذاء يخفض من تخزين النحاس فى الكبد، فتظهر أعراض نقص النحاس . وخروج الموليبدنم سواء فى البول أو الروث يتوقف على نوع الكائن ، ونوع الغذاء ، وتركيز الموليبدنم ، ووجود الكبريتات ومستواها ، وكذلك النحاس والفوسفور .

الإحتياجات :

لم تقدر الاحتياجات من الموليبدنم لعدم مشاهدة أى أعراض نقص تحت الظروف الطبيعية فى أى نوع من الحيوانات، وإن أدت إضافة ٢ جزء / مليون موليبدنم (إلى عليقة تحتوى ٠,٣٦ جزء / مليون) إلى تحسين النمو ورفع نسبة هضم السليلوز فى المجترات (لأن هذا العنصر لازم لميكروفلورا الكرش المثبتة للنيتروجين)، بينما فى تجارب أخرى لم تؤد إلى أى تحسين عند إضافة ٢-٢,٥ جزء / مليون إلى علائق بها ٠,٠١ -٠,٤٥ جزء / مليون ، مما أدى إلى استنتاج الإحتياجات على أنها ربما أقل من ٠,٠١ وحتى ٠,٥ جزء / مليون . وعموما هناك تضاد بين التنجستن Tungsten والموليبدنم ، وعليه قد تؤدى التنجستات إلى إحداث نقص الموليبدنم .

نقصه وزيادته :

لاتعرف أعراض مميزة لنقص الموليبدنم غير مرتبطة بالنحاس، فنقص الموليبدنم يشجع تراكم النحاس فى الأنسجة، مما يظهر سمية مزمنة للنحاس تحت ظروف معينة . وقد اتضح مؤخرا أن نقص الموليبدنم قد يضر بنمو وخصوبة العجلات .

وتظهر سمية الموليبدنم (بزيادته فى الغذاء إلى ٥ جزء / مليون) فى الماشية فى شكل تأخير أول شياع ، ونقص النحاس . وزيادة موليبدنم عليقة الثيران (إلى ١٣,٣ جزء / مليون) يخفض كمية البروتين العابرة للأمعاء ويقل امتصاصها . وزيادة الموليبدنم يصاحبها إسهال، فقدان

الشهية، أنيميا ، وغيرها من أعراض نقص النحاس ، كما تزول الوان الجلد والشعر ، ويفقد الصوف تجعيده .

وتعالج سمية المولبيدنم (٣-٥ جزء / مليون) بجرعات كبيرة من النحاس (١جم / عجل أو ٢جم /بقرة) ، أو بالتنجستات ، أو بالكبريتات ، أو بالميثيونين والسيستين . فالكبريتات تمنع امتصاص المولبيدنم أو إعادة امتصاصه ، وتزيد خروجه من الجسم . كما يخفض الزنك والرصاص من سمية المولبيدنم .

وسمية المولبيدنم يرافقها زيادة نشاط الفوسفاتاز القاعدى فى الكبد ويقل فى الكلى والأمعاء ، وينخفض نشاط السلفيد أوكسيداز بالكبد مؤديا إلى تراكم السلفيد فى الجسم محدثا التسمم (إسهال بنفسجى ، أنيميا ، موت) ، وينخفض ميتابوليزم الفوسفور فلا يحدث شياع . وإذا كانت الأغنام حساسة لزيادة النحاس ، فإن الماشية حساسة لزيادة المولبيدنم، إذ تظهر الماشية (فى حالة تسممها بالمولبيدنم) تأخرا فى النضج الجنسى ، وانخفاضا فى إفراز هرمون الجسم الأصفر (LH)، ولايحدث تبويض أو إخصاب .



حيوانات تعانى من إسهال شديد لزيادة الموليبدنم ونقص النحاس

ويرجع أثر الموليبدنم السام لتثبيطه للنظم الإنزيمية اللازمة لتطور الهيكل العظمى ، ولمنافسته للفوسفور فى الترسيب فى العظام، فتظهر أعراض التسمم التى من بينها اضطرابات الحركة وسهولة كسر العظام الطويلة ، وتصلب الظهر والسيقان، وصعوبة الوقوف ، والعرج، ونزف حول العظام الطويلة .

ويزيد موليبدنم النباتات بالتسميد المستهدف زيادة تثبيت الآزوت فى البقوليات، ومن أبخرة مصانع الألومنيوم والصلب ومعامل تكرير الزيت. ويختلف تركيز الموليبدنم باختلاف المحاصيل والمواسم . والموليبدنم فى الماء أقل سمية منه فى الغذاء ، إلا أن الماء المحتوى على ١٠ - ٥٠ جزء / مليون يعتبر ساما للعجول .

الباب الرابـع
العناصر المعدنية الدقيقة الحديثة والسامة

NEWER AND TOXIC TRACE ELEMENTS

الفصل الأول

العناصر النادرة الحديثة NEWER TRACE ELEMENTS

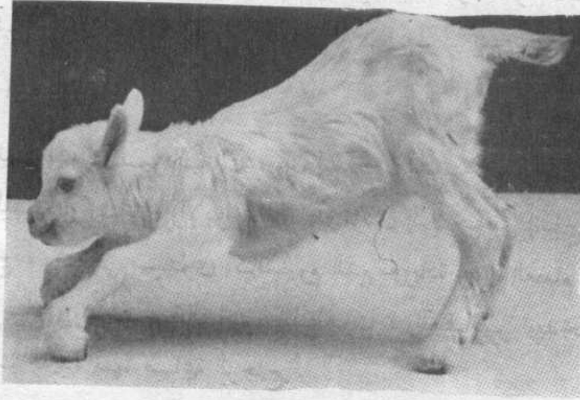
هناك مجموعة من العناصر النادرة أكتشف مؤخرا ضرورتها، لذا يطلق عليها أحيانا بالعناصر النادرة الحديثة من بينها الفلور الذى عرفت أهميته لأسنان الإنسان، وكذلك الكروم الذى عرفت أهميته الغذائية منذ ١٩٥٩م ، فهو جزء من عامل تحمل الجلوكوز (GTF) فى الإنسان . كما أدى استخدام العلائق المخلقة (النقية) فى التجارب الحيوانية إلى اكتشاف أعراض نقص هذه العناصر النادرة الحديثة كالليثيوم و ماناديوم فى المجترات .

أولا : البورون (B) Boron :

ثبت أهميته لنمو النباتات ، وإن لم تظهر أهميته للحيوانات بعد ، سواء للنمو أو التناسل والإدرار . وزيادته تؤدى إلى خفض إنتاج بيض الدجاج ، وخفض مستوى كالسيوم الدم، وزيادة رماد العظام . وهو عنصر سام ، ويوجد فى الفحم، والمنظفات ، والعقاقير ويدخل فى صناعات عديدة منها صناعة الزجاج .

ثانيا : الفاناديوم Vanadium (V) :

رغم أهميته للمجترات ، فهو غير ضرورى للدواجن ، بل أن وجوده يؤدى إلى خفض استهلاك العلف والنمو ، ويضر بجودة قشر البيض وبياضه . والفاناديوم يزداد فى التربة الحمراء للبحر المتوسط ، ويزيد تركيزه فى سطح التربة عن عمقها ، وتركيـزه فى تربة دكرنس (دقهلية) عالى . ويخزن الفاناديوم بعد امتصاصه فى العظام والكلى والكبد . ويوجد الفاناديوم فى فوسفات ثلاثى الكالسيوم التجارى المضاف للعلائق . وزيادته تؤدى إلى أعراض تسمم حتى فى المجترات ،



تشوية الهيكل العظمى فى المقدمتين لماعز منخفضة الفاناديوم (أقل من ١٠ جزء / بليون) فى الغذاء .

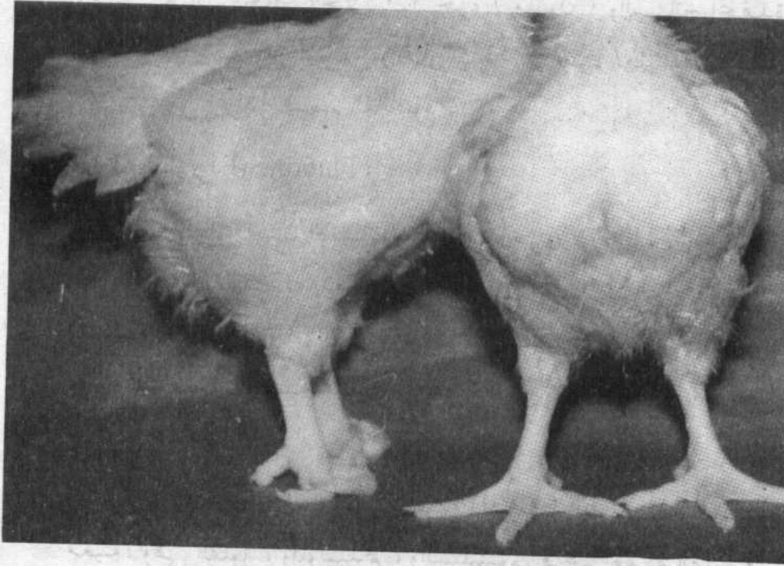
مثل انخفاض استهلاك الغذاء ، اسهال ، هزال رقاد ، إدماء الأمعاء ، التهاب الرئة ، شلل ، تشنجات ، وأحيانا نفوق ، ويخرج الفاناديوم أساسا فى الروث ولحد ما فى البول ويخرج فى بياض البيض كذلك ، وتعالج حالات التسمم بالكروم أو بملح EDTA ، أو بكسب القطن . ويوجد الفاناديوم فى النفط والكيماويات وسبائك الصلب والمواد المساعدة وأغنى أغذية فى الفاناديوم هى البقدونس الجاف (١,٨ جزء / مليون) وعيش الغراب الجاف (حتى ٢,٠ جزء / مليون) والسبانخ المجففة (حتى ٠,٨ جزء / مليون) والمحاريات (٠,٥ جزء /مليون) . ويزيد اللاكتور من أعراض تسمم الفاناديوم .

ثالثا : الفلور (Fluorine (F :

يقى الفلور أسنان الإنسان وحيوانات أخرى من التلف ، ويمتص من الجهاز الهضمى (معدة وأمعاء)، ويخرج أساسا مع البول ، ويخزن الممتص منه فى العظام. وزيادته سامة لتراكمة ، ويقى الكالسيوم والألومنيوم من سمية الفلور . والفلور ضرورى فى تغذية الدواجن وتكوين عظامها .

والفلور أحد ثلاثة عناصر مسببة للسمية باستمرار فى مناطق معينة، وهى الفلور ، والموليبدنم ، والسيلينيوم. فرغم أهمية الفلور فى مقاومة تسوس الأسنان ، وخفض الأنيميا ، وتحسين الخصوبة ، وزيادة النمو للفئران والجرذان وحيوانات التجارب والإنسان ، رغم ذلك فالحيوانات المجترة معرضة بشدة لتسمم الفلور عن وحيدات المعدة .

وتلاحظ سمية الفلور المزمنة فى حالات الإستهلاك المستمر للإضافات المعدنية مرتفعة المحتوى الفلورى ، شرب ماء مرتفع المحتوى الفلورى (٣-١٥ جزء / مليون أو أعلى) ، رعى نباتات مجاورة لمصانع عوادمها (أبخرة ، أتربة) غنية بالفلور . وعموما محتوى النباتات بوجه عام منخفض (١-٢ جزء / مليون) لانخفاض قدرتها على امتصاص الفلور .

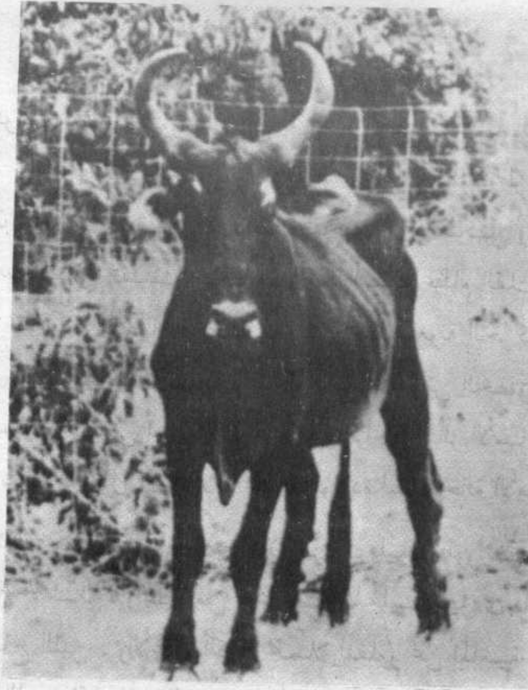


كتكوت تسمين يعانى من تسمم بالفلوريد فى الغذاء (٢٥جزء / مليون) يظهر شذوذ وسماكة الساق (على اليمين) مقارنة بالكونترول عادى التغذية (يسار) .

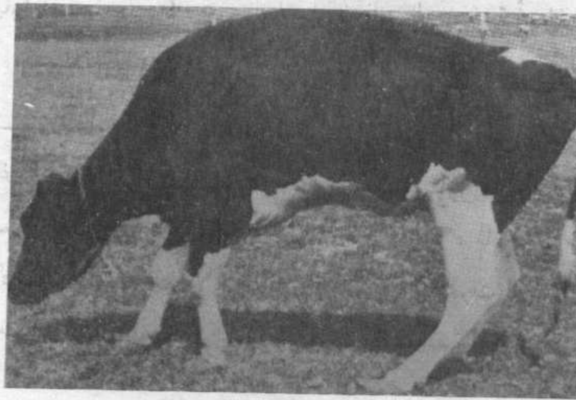
وتتوقف سمية الفلور على كمية ومدة الهضم، ذائبية الفلوريدات الممتصة ، نوع وعمر الحيوان ، التغذية ، عوامل الضغوط المختلفة ، فإذا كان الحيوان صغير فإن الأسنان تتحور فى الشكل والحجم واللون (برقشة ، تفتت ، تجاويف) ، التواء عظام الفك والعظام الطويلة ، سماكة المفاصل ، تصلب ، كساح ، صعوبة الحركة ، ألم ، وينخفض النمو أو يحدث فقد فى الوزن ، مع انخفاض الخصوبة وإنتاج اللبن، ربما لانخفاض استهلاك الغذاء ، الراجع لتأثر الأسنان . وتزاد معدلات نفوق العجول والحملان حديثة الولادة لسوء حالة الأمهات .

الماشية المغذاة على ٢٠ - ٣٠ جزء / مليون فلور تظهر برقشة الأسنان Mottling ، وأعلى من ٥٠ جزء / مليون يؤدى للكساح ونقص إنتاج اللبن . والأغنام أكثر تحملا للفلور عن الماشية ، فأغنام الصوف واللحم تحتمل ٦٠ جزء / مليون ، وحوالى التسمين تحتمل حتى ١٥٠ جزء / مليون دون تأثير على معدل النمو. وتؤدى المياه (الآبار) المحتوية على ٤-٥ جزء / مليون فلور إلى برقشة أسنان البقر .

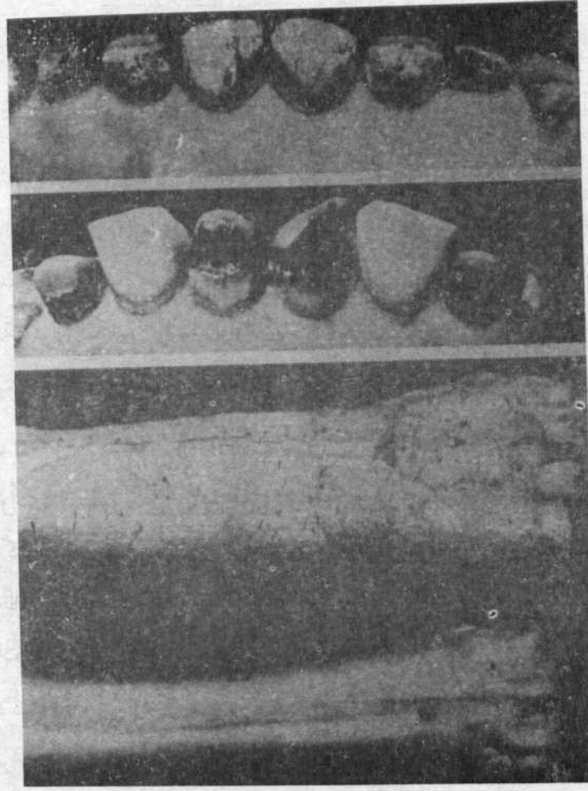
فتغذية الماشية على نباتات مغطاة بالسوبر فوسفات أدت إلى نفوقها بالتسمم الفلوريدى Fluorosis من أثر نقص كل من كالسيوم وماغنسيوم الدم ، بينما ٥٠ جزء / مليون فلور فى الغذاء تحدث التسمم بالفلور فى ظرف ٣-٥ سنوات فى الماشية ، لما تحدثه من أضرار فى الأسنان والعظام مع الإضطرابات العصبية. وأظهرت الجمال بالقرب من مصنع السوبر فوسفات بأسيوط أعراض التسمم بالفلور، من ضعف



بقرة عظمية النمو لتناولها كميات كبيرة من الفلور ، توضح التواء العظام .



كساح شديد فى بقرة تعانى من زيادة استهلاك الفلور



تسمم فلورى Fluorosis فى الماشية يوضح تآكل الأسنان ونقص تكلسها وبرقشتها لارتفاع فلور الغذاء فترة تكوين الأسنان، وكذلك العظام توضح نخورة (مسامية - هشاشة)Osteoporosis لنقص معدنتها (مقارنة بعظام طبيعية أسفل) لارتفاع فلور الغذاء .

وهزال ، وجفاف الجلد وخشونة الشعر ، وبهتان الأغشية المخاطية ، وتلون الأسنان باللون البنى وتآكلها وسقوطها، وارتفاع تركيزات الفلور فى الدم (حتى مسافة ٢,٥ كم بعداً عن المصنع) .

ولقد ثبت أن زيادة الفلور فى علائق كتاكيت التسمين تخفض من معدل النمو، والتصافى ، والتحويل الغذائى ، والأوزان النسبية للغدد النخامية وفوق الكلية ،والقلب والكبد والطحال والرئة والكلى والقانصة ، وكالسيوم الدم وتزيد نسبة النفوق ، وتشوه العظام ، وتحدث أنيميا وتلف وظيفى للكبد والكلى ، وتسوء جودة وإنتاج البيض .

وأدى الفلور إلى زيادة فلور ونحـــاس العظام، ويخـــفض من هيدروكسى برولين عظام الجرذان. بينما التلوث الغذائى بالفلور (من مواد حافظة للخشب) أدى الى أعراض تسمم على مينا أسنان الكلاب مع زيادة محتوى الأسنان من الفلور. ويؤدى الفلور إلى العرج ، ونقص استهلاك الأكل ، وفقد فى وزن الجسم ، وانخفاض فى إنتاج اللبن ، واضطراب الخصوبة ، كما يضر الفلور بتركيب الخلايا وإنزيماتها، وبالغدد جارات الدرقية وفوق الكلية. لذلك توضع حدود قصوى للفلور فى أعلاف الحيوان لاتتعدى ٣٠ مجم / كجم للحيوانات الحلابة، ٥٠ مجم / كجم للحيوانات غير الحلابة ، ١٠٠ مجم / كجم للخنازير ، ٢٥٠ مجم / كجم للكتاكيت .

وهناك مركبات غير سامة تقريبا مثل صوديوم فلوروسليكات ، بينما مركب فلوريد الصوديوم شديد السمية ، وكذلك حمض

الهيدروفلوريك ورباعى فلوريد السيليكون . ويمتد أثر التلوث بالفلور من عوادم المصانع (انتاج الألومنيوم، الحديد والصلب ، السوبر فوسفات ، المبيدات ، النحاس ، الزجاج ، السيراميك) حتى مسافة ١٤ كم من المصانع فى اتجاه الريح . وابتلاع كميات كبيرة من الفلور يؤدى الى التهاب المعدة لتكوين حمض الهيدروفلوريك (لحموضة المعدة)، يعقبها رعشة لتثبيت الكالسيوم فى السيرم (فلوريد كالسيوم غير نشيط فسيولوجيا) وينزف الدم ، ويحدث النفوق . وفى التسمم الحاد فى المجترات يقل نشاط فلورا الكرش وانتاجها للأحماض الدهنية ، مع نقص نشاط الغدة الدرقية وغدد فوق الكلية ، ويتأثر القلب والجهاز العصبى والكبد والكلى .

وأعلى تركيز للفلور يوجد فى عظام الأسماك البحرية (٦,٤ جم / كجم رماد حيتان ، ١ جم /كجم رماد ماكريل) يليها أسماك المياه العذبة (أقلها فى المبروك ٠,٠٩ جم / كجم رماد) وجلد السمك. والنباتات عادة منخفضة المحتوى الفلورى ، باستثناء البقدونس (٠,٤ - ١٧,٠ مجم / كجم مادة طازجة)، يليه السبانخ (٠,٣ - ٣,٠ مجم / كجم مادة طازجة) ، وأوراق البنجر (حتى ٤٦ مجم / كجم مادة جافة) . وقد يرتفع تركيز الفلور قليلا فى القلب والكبد والطحال والدم واللبن من الماشية . فأعلى محتوى للفلور فى المصادر الحيوانية لايتعدى ١,٦ مجم / كجم كلاوى بقرى طازجة . ويزيد محتوى الفلور فى العظام بزيادة عمر الحيوان ، وبإضافة فوسفات الكالسيوم لعلائقة ، وكذلك مساحيق العظام والأسماك ومخلفات الدواجن . ويرتفع جدا

فى النباتات بالقرب من مسابك الألمونيوم (حتى ١٣ جم / كجم مادة جافة) .

والفلور بتركيز ١ جزء / مليون فى ماء الشرب يخفض تسوس الأسنان بنسبة ٥٠ ٪ ، لذا يستخدم لوقاية الأسنان فى شكل أقراص أو معجون أو جيلى أو غسول للأسنان ، ويضاف لماء الشرب (الحد الأقصى المسموح به فى ماء الشرب فى المانيا ١,٥ مجم / لتر) ، فهو ضرورى لصغار السن ، بينما زيادته ضارة لكبار السن ، إذ يؤدى لتكلس المخ والقلب والكلى ، ويؤدى إلى جفاف الجلد وخشونة الشعر مع الرعشة، واضطرابات تجلط الدم وعدم انتظام ضربات القلب Cardi-ac arrhythmia وتدهور الدورة الدموية ، وأوديما رئوية ، واضطراب فى تركيب المادة المعدنية للعظام والأسنان، إذ تتبرقش الأسنان وتتلون باللون البنى وتتساقط ، وتزيد كثافة العظام ، ويزيد نشاط إنزيم الفوسفاتاز القاعدى فى السيرم ، وينخفض كالسيوم السيرم لتراكم الفلور فى العظام مما يجعل الكالسيوم أقل وفرة للتبادل ، وينخفض كذلك نشاط إنزيم الكولين استراز بالسيرم كمؤشر للتعرض للفلور ، بجانب تشويهات العظام فى صورة التسمم المزمن . والتسمم الحاد يصاحبه قىء واسهال، والتهابات معدية معوية ، وضعف العضلات والنزيف .

وللوقاية يجب استخدام الفوسفات خالية الفلور فى تغذية الحيوانات ، وإذا اضطر لاستخدام الفوسفات غير المعالجة أو الأسمدة الفوسفاتية فيقتصر استخدامها على فترة بسيطة ، أو قد تخلط الأسمدة

الفوسفاتية (٤٠ ٪) مع الفوسفات منزوعة الفلور . (إذ أن الحد المسموح به من الفلور فى العلف الجاف ٤٠ جزء/ مليون للحيوانات ، ١٥٠ جزء / مليون للدواجن) . وللعلاج فى الحالات الحادة يعادل الفلور فى القناة الهضمية بأملاح الألومنيوم، وتحقن أملاح الكالسيوم فى الوريد ، ويحقن الجلوكوز كذلك لتداخل الفلور مع التمثيل الغذائي للجلوكوز ، ورغم تحسن الأعراض ، إلا أن حالة الأسنان والعظام لاتتحسن . والدواجن أكثر تحملا للفلور (حتى ٤٠٠ جزء / مليون في العلف الجاف) عن الحيوانات الأخرى (حتى ٤٠ جزء / مليون لصغار المجترات) .

رابعا : القصدير Tin (Sn) :

يوجد كملوث من الفحم ومن المعلبات ، ويحدث التلوث عقب التعليب مباشرة ثم ينخفض باستهلاك متبقيات الأوكسيجن فى المعلبات، وعادة ما يحدث التلوث في وجود الأوكسجين وخاصة للأغذية الحامضية أو المحتوية على ثانى أوكسيد كبريت أو ملح . ويميز التلوث القصديرى بوجود بقع رمادية ، وطعم معدنى فى الغذاء . ويؤدى التلوث بالقصدير إلى قيىء ، لذا وضع حد أقصى مسموح به فى الأغذية المعلبة قدرة ٢٥٠ مجم / كجم . ومستوى قصدير الأغذية منخفض (٠,١ - ١,٠ جزء / مليون) إلا فى الأغذية المعلبة (١,٨ - ٥٠٠ جزء / مليون).

خامسا : الكروم Chromium (Cr) :

يؤدى نقص الكروم إلى إعاقة ميتابوليزم الجلوكوز ، رغم أن أخر الدراسات أشارت الى أن إضافته لم تحسن زيادة الجسم ولا الكفاءة الغذائية للعجول ، إلا أن الكروم ربما يحسن المناعة ويخفض من الإعياء والحاجة للمضادات الحيوية .

ويستخدم الكروم فى التعدين ، والتنقية ، ودباغة الجلود ، وتلوين الزجاج والسيراميك ، وفى مبيدات فطرية ومواد حافظة للأخشاب ، وكمقاوم للصدأ . وتركيزه فى الماء العذب ١-١٠ جزء / بليون وفى الفحم بتركيز ١٠- ١٠٠٠ جزء / مليون ، وفى التربة بتركيز ١٠ - ١٥٠ جزء / مليون . وتركيز الكروم منخفض فى الأغذية (٢٠ -٥٠ جزء / بليون) ، إلا إذا كانت أغذية حامضية لامست الصلب الذى لايصدأ أثناء الحصاد أو التصنيع أو الإعداد ، أو فى المحاربات (٠,١ -٦,٨ جزء / مليون مادة جافة) . والحد المسموح به من الكروم فى ماء الشرب فى المانيا ٥٠ ميكروجرام / لتر .

زيادة الكروم تتلف الجلد والكلى والكبد والقلب ، وتبطىء النمو، كما تضر بالرئة والدم والدورة الدموية ، فتؤدى إلى النفوق . وبعض أملاح الكروم سداسية التكافؤ مسرطنة سواء بالملامسة أو بالاستنشاق أو البلع ، مما يؤدى للإصابة بالالتهابات الجلدية والأضرار التنفسية وقروح الجهاز الهضمى . ويعالج التسمم بالكروم بالغسيل المعدى بالماغنسيوم أو الكالسيوم والملطفات ، والحقن الوريدى بالجلوكوز

والملح والمسكنات .

سادسا : الليثيوم (Li) Lithium :

يؤدى نقص الليثيوم فى علائق الماعز إلى سقوط الشعر ، بينما زيادته فى علائق السمان تؤدى إلى عدم انتقال اليود إلى الغدة الدرقية . ويوجد الليثيوم فى الماء بتركيز ٩٠ جزء / بليون ، وهو منتشر فى الأنسجة المختلفة للنباتات والحيوانات ، ويستخدم فى بعض الصناعات مثل الصمامات الإليكترونية ، السيراميك ، وغيرها. المخلفات المحتوية هيدريد ليثيوم خطرة وحارقة للجلد . كربونات الليثيوم سامة كذلك وتؤدى إلى الفشل الكلوى المزمن والجويتر .



نقص الليثيوم (١جزء / مليون) فى عليقة الماعز تؤدى إلى سقوط الشعر

الفصل الثانى

العناصر السامة TOXIC ELEMENTS

هناك عديد من العناصر تؤدى لأضرار صحية منها البريليوم، بورون ، جرمانيوم ، فاناديوم ، يتريوم ، وكذلك عناصر أخرى كملوثات صناعية منها البيسموث والزركونيوم والقصدير وغيرها .

فالأنتيمون Antimony(Sb) يوجد فى الصناعات المختلفة، ويؤدى لقصر العمر للجرذان . وأقصى تركيز للأنتيمون فى الخضراوات (١,١-٢,٨ جزء / بليون)، ويوجد الأنتيمون فى عقاقير البلهارسيا (كالفؤادين وغيرها) ويتركز فى أعضاء المرضى ذى الحساسية للعقاقير هذه، ويعالج التسمم بالأنتيمون بالتقيؤ أو غسيل المعدة ، أو بالفحم أو التانين أو الشاى المركز لترسيب المعدن ، ويعطى المورفين لتسكين الألم، والمحاليل لعلاج الجفاف .

والبريلليوم Beryllium (Be) يستخدم كوقود للصواريخ ، ويوجد فى الفحم ويؤدى لتسمم حاد ومزمن ، ومسرطن فى الحيوانات ، ويكون حصوات فى الحيوان والإنسان . وجد أن مستوى البريلليوم فى الخضراوات المصرية مرتفع خاصة فى الفاصوليا (٢,٥ جزء / مليون) والخس (٠,٦ جزء / مليون) عما هو عليه فى محاصيل الدول الأخرى .

والنيكل Nickel (Ni) يوجد فى زيت الديزل والزيوت المتخلفة والفحم ودخان التبغ وسبائك الصلب ، ويؤدى لسرطان الرئة وهو موجود بتركيزات عالية فى مياه صرف المناجم ، بينما فى المياه المعدنية يوجد بتركيز ٢٠ جزء / مليون ، وأعلى تركيز للنيكل يوجد فى الشاى (٥-١٦مجم / كجم وزن طازج) والأغذية المصنعة، وينتقل من أوان الطهى أساسا، خاصة من الصلب الذى لايصدأ مع المحاليل الحامضية ، ومن مطاحن الحبوب الى الغذاء . أعلى تركيز للنيكل فى اليامِيش (١٢٨ جزء / مليون) والبقول (٥٥ جزء/ مليون) والحبوب النجيلية ومنتجاتها (٢٦ جزء / مليون) .

واليتريوم Yttrium (Y) يوجد فى الفحم والنفط ، وهو مسرطن للفئران بتناوله لفترة طويلة .

ومن العناصر السامة كذلك الكلور والموليبدنم والسيلينيوم والزرنيخ والرصاص والكادميوم وغيرها ، فهناك تأثيرات لبعض العناصر مثلا على الجهاز العصبى فى شكل مما يلى :

١- أمراض عصبية طرفية Peripheral Neuropathy :

أ- زرنيخ .

ب - رصاص .

جـ - بعض الفوسفات العضوية .

د - ثاليوم .

٢- أمراض الدماغ Encephalopathy :

أ- رصاص .

٣- التهاب العصب البصرى Optic Neuritis :

أ- زرنيخ .

ب - ثاليوم .

٤- اضطرابات المخيخ Cerebellar Disturbances :

أ- زئبق عضوى .

٥- تغييرات عقلية Mental Changes :

أ- رابع ايثيل الرصاص .

ب - زئبق .

والملوثات البيئية فى الهواء والماء والتربة (أى فى البيوسفير Bio-sphere) عبارة عن مواد غريبة ضارة للحيوان والنبات Xenobiotics ، وتكون مع الضباب ما يعرف بالسناج Smog . وتعتبر مشاكل التلوث البيئى بالعناصر الثقيلة فى بعض البلدان ذات ثقل قومى ، فينتشر فى اليابان مثلا أمراض بيئية بشكل متزايد مثل مرض Itai-itai لتلوث الأرز والماء بالكادميوم من المناجم والمسابك ومعامل التكرير ، والتسمم المزمن بالزرنيخ لتناول الأرز والشعير المزروع فى أراضى منخفضة تروى بماء يمر بالمناجم ، ومرض Minamata للتسمم بالزئبق من مخلفات

المصانع والذى يتركز فى الأسماك . إذ يتركز الزئبق فى عضلات الأسماك ، بينما يتركز الكادميوم فى الأحشاء الداخلية ، وأعلى تركيز للرصاص يوجد فى القشور والزعانف .

وفيما يلى عرض لبعض هذه العناصر السامة :

أولا : الألومنيوم Aluminum (Al) :

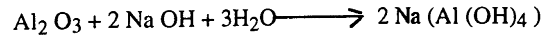
يوجد فى أنسجة النباتات والحيوانات ، فيمتصه الحيوان لوجوده فى النباتات . وزيادته تتداخل فى امتصاص الفوسفور ، فيقل فوسفور الدم . كما يوجد الألومنيوم فى أغذية الأطفال والجبن المطبوخ ومنتجات الحبوب . ويقلل الألومنيوم كذلك من امتصاص الماغنسيوم والفلور، مما يؤدى إلى إحداث كساح أو لين عظام . وقد تنشأ السمية أو التلوث بالألومنيوم من استخدام رقائق الألومنيوم. والمستوى الطبيعى للألومنيوم فى سيرم دم الإنسان حوالى ٠,١٧ مجم / لتر .

التسمم بالألومنيوم قد ينشأ من التعرض الصناعى أو من تلوث ألبان الرضع والماء والغذاء أو من العلاج أثناء الغسيل الكلوى (فيؤدى إلى ورم المخ وضمور العظام وأنيميا صغر كرات الدم الحمراء فى مرضى الفشل الكلوى المزمن تحت الغسيل الدموى لمدة طويلة) . فيؤدى إلى الفشل الكلوى خاصة للرضع ، ويضر بالعظام ، كما يؤدى الى ضعف الذاكرة ، والإصابة بالشيخوخة المبكرة Alzheimer وذلك لتراكم العنصر فى الجهاز العصبى وخلايا المخ ، فيفقد المخ وظائفه إذ يؤدى الألومنيوم إلى انخفاض نشاط إنزيم dihydropteridine reduc-

tase فى المخ واللازم لتكوين العديد من المركبات فى المخ ، لذا يستخدم هذا الإنزيم كمؤشر للسمية العصبية للألومنيوم . ولعدم خروجه من الجسم ، فيزيد مستواه فى الدم مؤثرا على ميتابوليزم الكالسيوم ، ويتداخل مع أمراض الكلى ويؤدى للوفاة فى الحالات المتقدمة .

وتتفاعل مواد التعبئة من الألومنيوم مع الأغذية المعبأة فى محلول ملحى عال التركيز ، ويزداد تحرر العنصر من القدور إلى الوسط الحامضى أو القلوى بعد ٢٤ ساعة على درجة حرارة الغرفة (حتى ٢,٩ جزء / مليون) ، أو بالغليان لمدة ١٠ دقائق (حتى ١٦٧ جزء / مليون) ، أو بالغليان لمدة ساعتين (حتى ٥٠١ جزء / مليون) .

ويتفاعل الألومنيوم مع القلويات منتجا هيدروكسيد الومنيوم يترسب فى شكل جيل أمفوتيرى يتفاعل مع الأحماض مكونا كاتيونات الومنيوم فى شكل أملاح ، أو يتفاعل مع القلويات مكونا ألومونات . ويتفاعل هيدروكسيد الألومنيوم مع محاليل قلوية (أو عند ذوبان الألومنيوم فى محاليل قلوية) ينتج هيدروكسو ألومينات (مثل صوديوم رباعى هيدروكسو ألومينات ($Na(Al(OH)_4$) . وبتسخين رقائق الألومنيوم بشدة تحترق وتشتعل بلهب أبيض مكونة أوكسيد الومنيوم . كما يتفاعل أوكسيد الألومنيوم مع القلوى مكونا ألومينات



$$Al_2O_3 + 2\,NaOH + 3H_2O \longrightarrow 2\,Na(Al(OH)_4)$$

لذلك يتركز الألومنيوم فى الأغذية بعد الطهى فى أوان ألومنيوم من ٠,١ – ٢١,٦ إلى ٠,٢ – ١٢٥ جزء / مليون (فى عجينة التفاح ، بسلة خضراء لحم بقرى ، بيض ، بودنغ ، أرز ، صلصة طماطم) . وترتب الأغذية تصاعديا من حيث هجرة وتراكم الألومنيوم

فيها (من أوان الطهى) : قنبيط ، لحم بقرى بيض ، عجينة التفاح ، صلصلة طماطم . تحميص حبوب البن فى أوان ألومنيوم حديثة تضيف لمحتوى البن من الألومنيوم من ٠,٨٨ إلى ١,١٨ جزء / مليون .

الأراضى الحامضية غنية بالألومنيوم والحديد فيكونان معقدات غير ذائبة مع الفوسفات، فتظهر أعراض نقص الفوسفور ، خاصة فى المناطق الإستوائية . فتؤدى زيادة الألومنيوم إلى خفض فوسفور السيرم ، وخفض فوسفور وماغنسيوم الكلى ، وماغنسيوم ورماد العظام، بينما يزيد حديد الكبد وزنك الكلى . وعلى ذلك فإضافة الفوسفور للغذاء تتغلب على الآثار الضارة لزيادة الألومنيوم (أو الحديد) فى الغذاء . وزيادة الألومنيوم خفضت من تصافى ذبائح كتاكيت اللحم ، ورفعت من نسبة دهن صدورها ، وألومنيوم عظامها وإن كان للألومنيوم أثر جيد مضاد لسمية الفلور فى الغذاء .

ثانيا : الباريوم Barium (Ba) :

يتراكم على وجه الخصوص فى البقوليات (١,٢٦ جم / كجم) كالبرسيم الحجازى وفول الصويا فى الأراضى الغنية بالباريوم ، مما يسبب مشاكل للماشية إذ يتراكم أساسا فى الهيكل العظمى . ويوجد فى ماء بحيرة المنزلة بتركيز ١٤,٥ جزء / مليون . وقد يؤدى لتسمم الإنسان باستخدامه فى الأشعة التشخيصية ، فيعالج بالغسيل المعدى بمحلول كبريتات صوديوم أو ماغنسيوم لترسيب الباريوم ، مع تسكين الألم ، وخفض الضغط ، وعلاج التشنجات العضلية ، والتنفس الصناعى إذا حدث شلل تنفسى . ويستخدم الباريوم فى صناعة الدهانات والصابون والورق والمطاط والمبيدات والسيراميك .

ثالثا : الثاليوم (Tl) Thalium :

توجد منه آثار فى معظم الأغذية حيوانية ونباتية ومائية . والتسمم الحاد يحدث فى شكل أعراض هياج فى المعدة والأمعاء ، وفقد الشعور بالأطراف وضعفها فى خلال ٢-٥ أيام ، وقد يحدث هذيان وتشنجات وعمى . وفى التسمم المزمن يحدث سقوط للشعر Alopecia ، والتهاب العصب البصرى ، وتنميل الأطراف ، وضعف الحركة ، وعدم ردود الأفعال . وبعد أسابيع أو شهور تتطور غشاوة الرؤية باستخدام العقاقير المحتوية على الثاليوم ، فتفقد الرؤية المركزية ، وينحصر الحقل الخارجى للرؤية ، وبإزالة مصدر الثاليوم تتحسن الرؤية ، لكن مع انخفاض حدة البصر . وقد يحدث التسمم بالثاليوم عند علاج قوباء فروة الرأس . وتعالج السمية بالغسيل المعدى بالتانين ، وشرب أو حقن الجلوكوز أو المحاليل الملحية وثيوسلفات الصوديوم .

رابعا : الرصاص (Pb) Lead :

يوجد الرصاص فى مختلف الأغذية لكن يزيد تركيزه إلى ٨ - ١٠ أضعاف فى الأغذية المعلبة (وإن قل استخدامه فى العلب) . فتركيزه فى اللبن الجاف المعلب فى علب بها رصاص ٠,١٢ جزء / مليون ، ينخفض فى العلب خالية الرصاص الى ٠,٠٠٦ جزء / مليون. وفى كندا تركيزه فى اللبن السائل ١,١٢ جزء / بليون ، وفى أغذية الأطفال الرضع ٢,٦ - ٧٣,٧ جزء / بليون . ويتحصل الإنسان القاطن بالمدن خلال غذائه على حوالى ٢٨ ميكروجرام / يوم للبالغين

و٩١ ميكروجرام / يوم للأطفال ، معظمها من الأتربة (رصاص من الجو) .

والرصاص يعتبره الكيماويون أقدم العناصر ، وينتشر فى البيئة (فى الغذاء والماء والهواء) ومصدره جزئيا الأنشطة الصناعية للإنسان مثل معامل تكرير البترول ، وحرق منتجات البترول ذات الرصاص ، مبيدات زرنيخات الرصاص ، الأسمدة الفوسفاتية ، المخلفات من صهر المعادن ، الدهانات المحتوية على الرصاص ، مخلفات البطاريات ، معجون سد الثقوب ، مشمعات الأرضيات ، الأسفلت ، زيت المواتير ، مواسير المياه ، صناعات الإنامل والزجاج .

ويتوقف مستوى الرصاص فى الكائنات الحية على كثافة المواصلات والبعد عن الطرق العامة والسريعة . والرصاص الذائب أكثر سمية ، كذلك الرصاص فى الزيوت والحشائش أكثر سمية من الرصاص المعدن أو الملح . وفى عمال لحام تانكات الرصاص المعرضين لدخان الرصاص يزيد محتوى دمائهم من الرصاص والكوليستيرول ، مع انخفاض نسبة الهيموجلوبين وظهور الأنيميا ، وزيادة الفرصة لحدوث تصلبات الشرايين . وبتحليل هواء مدينة القاهرة لمحتواه من الرصاص وجد أن المتوسط السنوى لتركيز الرصاص فى وسط المدينة يفوق الحد المسموح به عالميا (٢ ميكروجرام / متر مكعب) وقد زاد التركيز فى الصيف عنه فى الشتاء . ومن أغنى الأغذية بالرصاص الشيكولاته (١ مجم / كجم) والفاكهه (٠,٦ مجم / كجم)

والشاى (٠,٥٥ مجم /كجم).

بينما علف الحيوان الرئيسى شتاء وهو البرسيم احتوت الحشة الثالثة منه أعلى مما احتوته الحشة الأولى ، إلا أن المحتوى العام أقل من المستوى السام للحيوان (٣٠ جزء / مليون) ، وذلك لبعد معظم المناطق الزراعية عن الطرق السريعة (أي عن مصدر التلوث) . وتسمم الحيوان بالرصاص ينشأ عن بلع جرعة سامة من مركبات الرصاص ، أو لعقة الدهانات، أو رعية على مرعى ملوث بالقرب من بطاريات قديمة ، أو مكان لصهرها ، أو بالقرب من حقول البترول. وفى حالات التسمم الحاد يخزن الرصاص فى الكبد والكلى بينما فى حالات التسمم المزمن فيخزن فى العظام .

وترجع الخطورة البيولوجية للرصاص لخواصه السامة كخطر صناعى على الإنسان والحيوان ، مما قد يسبب :

١- تغييرات ظاهرية ووظيفية فى الكبد والكلى .

٢- التهاب المعدة والأمعاء Gastroenteritis ، ونزف الأعضاء الداخلية .

٣- تدهور الأعصاب ، مع فقدان الشهية ، والإحباط ، والضعف العام .

٤- مرض بالدماغ مرجعه الرصاص Lead encephalopathy .

٥- بتخزين الرصاص فى العظام يحل محل الكالسيوم فتصير

العظام هشة .

٦- أحيانا يسبب العمى والجنون .

ويوجد الرصاص فى التربة الزراعية بتركيز ١٤- ٩٦ جزء / مليون ، ويرتفع فى مناطق انتاجه حتى تركيز ١٠ جم/ كجم ، ويوجد فى الماء السطحى بتركيز صفر - ٥٥ جزء / بليون ، وفى ماء البحر بتركيز ٠٨ . - ٨,٠ جزء / بليون . وتخزين الماء فى أوان من كرومات الرصاص تزيد محتواه من الرصاص . الكيل الرصاص مضاد للصدمات فيضاف للبنزين بمعدل ٣ جم / جالون ، ثلثية يخرج مع العادم للهواء والتربة والغذاء . كما أن من مصادر الرصاص كذلك زرنيخات الرصاص (مضاد حشرى) فى الأغذية والطباق ، لحام المعلبات ، الخزف الأملس للمشروبات الحامضية . والفخار والخزف تحتوى رصاص قابل للإستخلاص بشدة .

ويخزن الرصاص بأنسجة الجسم عامة ، لكن فى العظام بأعلى تركيز (٩٠٪) من محتوى الجسم من الرصاص ، ويرتبط بكرات الدم الحمراء . ويستخدم محتوى الدم من الرصاص كدليل لمحتوى الجسم ، بينما محتوى اللبن من الرصاص فهو دليل لبيئة الإنسان المعرضة للرصاص .

وجود مصانع سوبر فوسفات أو طوب تزيد محتوى النباتات من حولها من الرصاص (والكادميوم والنيكل وغيرها) . ولإضافة الرصاص للبنزين لمنع الإحتكاك ، يخرج فى عادم السيارات مركبات

رصاص عديدة (اكسيد وكلوريد وبروميد وكلوروبروميد وكبريتات وفوسفات رصاص) بمعدل ٣٩٢ جم رصاص / كجم عوادم سيارات. ومن مصادر الرصاص كذلك مسابك الرصاص والذهب ، مصانع المراكم والرادياتيرات والدهانات ، مسابك حروف الطباعة ، مصانع الزجاج وطلاء الخزف والبلاستك وتكرير الزيت ، مواسير المياه (الرصاص) .

لذلك يوجد الرصاص فى الأغذية والمشروبات وهواء التنفس ، لذا تحتوى دماء السكان عادة ١٥ - ٢٠ ميكروجرام رصاص /١٠٠ مل دم ، ولايجب أن تتعدى ٤٠ ميكروجرام /١٠٠ مل (طبقا لتوصيات منظمة الصحة العالمية) وللنساء ٣٠ ميكروجرام /١٠٠ مل لأن الرصاص ينفذ من المشيمة للجنين الحساس جدا للرصاص (خاصة أثناء تطور الجهاز العصبى للجنين) ، علاوة على أن امتصاص الرصاص أعلى فى الأطفال عنه فى البالغين . وعموما يزيد تركيز الرصاص فى الدم بزيادة عمر الإنسان والحيوان ، كما زاد تركيزه فى الأغذية والألبان والدم وماء الشرب فى الشتاء عنه فى الصيف . وأهم مصادر الرصاص الغذائية هى الفاكهة والخضراوات ، لذا وجب غسيلها للتخلص من كثير من الرصاص من عليها . وتعتبر الإضافات المعدنية مصدر كبير للعناصر السامة كما يوضح ذلك الجدول التالى :

الإضافات المعدنية	محتواها من		
	الألومنيوم ٪	رصاص ٪	زرنيخ جزء / مليون
أوكسيد منجنيز	١,٥٢	٠,٢١٨	١٤٠٠
أوكسيد زنك		٣,٠	١٤٩
أوكسيد حديد		٠,٤٦	٢٣
فوسفات كالسيوم	٠,٨		

ويرتبط مستوى رصاص لبن صدر الأمهات بعمر المنزل ، وزمن التعرض للمواصلات ، ومعدل تناول القهوة . ويتوزع الرصاص فى كل أنواع الحيوانات ، بأعلى تركيز فى الشعر ، ثم الكلى فالكبد وأخيرا فى العضلات . ونصف عمر الرصاص فى الكائنات الحية حوالى ٧٠ يوم . ووجود الرصاص فى ماء الشرب بتركيز ٢ مجــم / لتر يغــير طعم الماء .

محتوى الأغذية من المعادن الثقيلة مجم / كجم وزن طازج

الغذاء	رصاص	زئبق	زرنيخ	كادميوم
برسيم	٥,٠٠			
خضراوات	٠,٦٠	٠,٠٠٦		٠,٠٣٠
سكر	٠,٠٩	٠,٠٢٣		٠,٠٤٠
فاكهة	٠,٤٦	٠,٠٠٨		٠,٠٤٥
نجيليات	٠,٠٥	٠,٠٠٣		٠,٠١٣
وردنيل	حتى ١٤٦	حتى ٠,٥١٩		
خصى / مخ	٠,٤٢	٠,١٠٠		٠,٤٠٠
سمك (جاف)	حتى ١٠٠	حتى ١,٢٥		حتى ٧٢,٤
كلى	حتى ١٤٠	حتى ١٦..٨	حتى ٠,٠٣١	حتى ٣٧٠
كبد	حتى ٤٨	٠,٩٦٩	حتى ٠,٠١٤	حتى ١٣٤
لبن	٠,٠٦	٠,٠١٠		٠,٠٣٥
لحوم	حتى ٠,٥٣	حتى ٠,٠٦٢	حتى ٠,٠٢٠	حتى ١,٧١
زيت ./ دهن	٠,١٠	٠,٠٢٠		٠,٠١
شاى	٠,٥٥	٠,٤٦٠		٠,٠٠٩
شيكولاته	١,٠٠	٠,٠٢٣		٠,٠٤٠
قهوة	٠,١٠	٠,٠٥٠		٠,٠٦
مشروبات غير كحولية	٠,٠[illegible]	٠,٠٠٥		٠,٠٢
مياه طبيعية	حتى ٠,٠٠٢			٠,٠٠١
مياه شرب	٠,٠١٥			

وأشد الخضر تلوثا بالرصاص هى الأنواع الورقية والجزرية، والفواكة صغيرة الثمار وذات النواة الحجرية . وتتوقف شدة التلوث على مدى القرب من الطرق السريعة (حتى ٣٢٠٠ جزء / مليون) حيث عادم السيارات، وكذلك بملامسة الدهانات وبطاريات السيارات وحقول البترول والأعيرة النارية ، ولذلك لقد زاد محتوى الرصاص فى دم طيور المدن عنه فى طيور الريف ومعامل انتقال Carry over الرصاص للكبد ٠,٦ ، وللكلى ٠,٥٥ ، وللعضلات ٠,٣ . ويزيد تركيز الرصاص فى الدم ٢٣ مرة قدر تركيزه فى اللبن ، وفى الكلى ١٠ أمثال تركيزه فى الكبد. وزيادته فى الغذاء تزيد تركيزه فى كل من الدم والكلى والكبد والعظام والنخاع العظمى والعضلات ، وأعلى التركيزات تكون فى الكلى والكبد للعجول . فحيوانا المزرعة يرتفع محتوى دمائها من الرصاص من ٠,٢٥ فى الحالة الطبيعية إلى ٢-٣٦ جزء / مليون فى التسمم الحاد .

الحد الأقصى لمحتوى جسم الإنسان العادى من العناصر الثقيلة مجم / كجم وزن طازج

العضو	رصاص	زئبق	كادميوم
دم كلى	٠,٧٠	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥
شعر	٢٠	٣٥	١,٥٠٠
كبد	٣,١٣	١,٠٠	٣,٩
كلى	١,٨٥	٢,٠٠	٣٠,٠
لبن صدر	٠,٠١٦		٠,٠٠٤
مخ	٠,٧٨٦	١,٠٠	٠,١٥٠

وفى الإنسان يرتفع محتوى الدم من ١-٣ ميكروجرام / ١٠٠ مل فى الحالة الطبيعية إلى ١٠٠ ميكروجرام /١٠٠ مل بدون ظهور أعراض تسمم . وارتفاع تركيزه فى الدم والروث تعنى تعرض حديث للتسمم ، بينما ارتفاعه فى الدم دون الروث تعنى أن التسمم أو التعرض للرصاص كان فى فترة سابقة. ومن تحليل حلقات خشب الأشجار للمعادن النادرة أو الثقيلة تظهر اختلافات بين محتويات الحلقات مما يعكس اختلافات وفرة هذه العناصر فى البيئة، مما يؤدى لاستخدام هذا التحليل كمؤشر لتلوث البيئة . واستخدام الأسمدة البلدية (أرواث ومجارى) فى الزراعة يراكم العناصر الثقيلة فى التربة والنباتات بالتالى مما يجعلها سامة للنباتات وللمستهلكين من حيوانات وإنسان .

ويمتص رصاص الغذاء والماء من القناة الهضمية بمعدل منخفض (١-١٦٪) ، وفى الأطفال بمعدل أعلى (حتى ٤٠٪) ، بينما يمتص من الشعب الهوائية والرئات (من الرصاص غير العضوى) بمعدل أعلى بكثير . ويخرج الرصاص أساسا عن طريق الأمعاء ، وقد يتحرك المخزون إلى الدم من الأنسجة ويخرج فى الصفراء والبول . ويتأثر الإمتصاص والإخراج للرصاص بمستواه فى الغذاء ، ويرتبط الرصاص بليسثين الصفراء وأملاحها مكونا معقدات تتركز فى الأمعاء ويعاد امتصاص الرصاص ثانية ويخزن بالكبد ، ويزيد امتصاص الرصاص بزيادة دهن الغذاء أو بروتينه وكذلك بإطالة فترة الصيام . لكن هناك تداخلات للرصاص مع عناصر أخرى تؤثر على امتصاصه، فهناك ارتباط معنوى بين الرصاص والحديد فى الكبد والكلى، كما يزيد رصاص الكبد بانخفاض كالسيوم أو فوسفور أو كبريت الغذاء ، ويقل امتصاص الرصاص بزيادة كالسيوم الغذاء ، ووفرة الزنك تخفض من تراكم الرصاص فى العظام وتمنع ظهور علامات التسمم بالرصاص ، ويخفض الرصاص من محتوى المخ من الزنك والحديد ومحتوى زنك القلب بينما يزيد من زنك كرات الدم الحمراء ، ويتفاعل الرصاص (والكادميوم) مع فوسفات العظام فيحل الرصاص محل الكالسيوم ، ويوجد تأثير تعاونى بين الرصاص والكادميوم إذ يزيد كل منهما من تأثير الآخر .

بالقرب من الطرق السريعة وحسب اتجاه الريح، تحتوى الحشائش النجيلية على ٢٠٠ - ٤٠٠ جزء / مليون رصاص ، وعلى بعد ٣٠٠م من الطرق السريعة تحتوى على ٥ جزء / مليون .

أعضاء مستهدفة بالتسمم	الرصاص	
	أعضاء تراكمة	مصــــادره
الجهاز المخلق لكرات الدم الحمراء	العظام	الوان
عضلات ملساء	كرات الدم الحمراء	عادم سيارات
جهاز عصبى مركزى وطرفى		طلاء خزف
		مواسير مياه
		مصانع بطاريات
		مسابك
		لصق طبية
		مبيدات حشرية
		أدوات تجميل

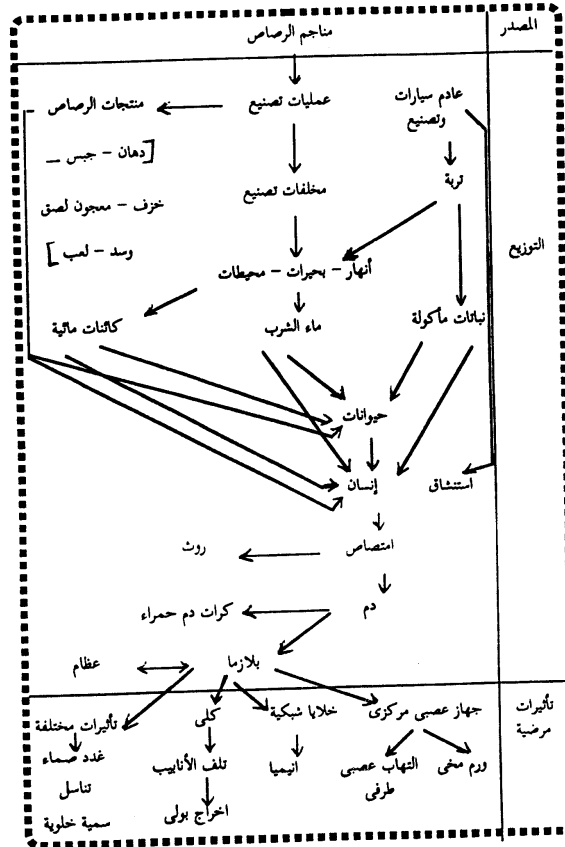
وتتوقف الجرعة السامة من الرصاص على كل من البيئة ، والتغذية ، والأمراض ، والعمر ، والجنس ، والموسم ، وذائبية مركب الرصاص ، وطريقة تناوله . وقد يفيد تحليل الشعر أو الصوف أو الدم فى تشخيص التسمم بالرصاص (والكادميوم) .

وتظهر أعراض نقص الخصوبة فى الرجال المعرضين للرصاص ، لتأثيراته المباشرة على الخصية فيقل عدد الحيوانات المنوية وتقل حيويتها. كما يؤدى تنفس الرصاص فى عادم السيارات والمصانع إلى حدوث السرطان، فقد وجد فى النمسا أن نصف المصابين بالسرطان يعانون من

ارتفاع تركيز الرصاص . ويؤثر الرصاص سلبيا على كل من الكالسيوم والفوسفور وفيتامين (c) . وتسمم الرصاص Plumbism يتميز بتشنج بطنى ، وصداع ، وفقد الشهية وأنيميا ، وشلل الأعصاب المحركة ، وورم المخ وتلفه ، زيادة تركيز الرصاص فى الدم عن ٨٠ ميكروجرام /١٠٠ جم فى البالغين وعن ٥٠ ميكروجرام/ ١٠٠جم فى الأطفال ، ضرر بتخليق الهيموجلوبين وكرات الدم الحمراء، إجهاض الإناث الحامل لعبور الرصاص من خلال المشيمة مما يؤدى لتشوهات خلقية جنينية بالتعرض لمستويات تحت مميتة كما فى المناطق الصناعية، كما يؤدى الرصاص لشذوذ كروموسومى فى كرات الدم البيضاء، ويمتد الأثر السلبى للرصاص للأجنة والمواليد فينخفض وزنهم وأدائهم التناسلى فيما بعد .

وقد لوحظ فى عمال لحام يتعرضون لبخار الرصاص لمدة ٢٢ سنة إنه قد ارتفع مستوى رصاص الدم، وانخفض تركيز الهيموجلوبين والهيماتوكرايت ، وزاد اخراج حمض دلتا أمينوليفيولينيك Delta amino Levulinic acid فى البول ، وزاد مستوى كل من الجليسريدات الثلاثية والبيتاليبوبروتين فى السيرم، مع خفض نسبة الفوسفوليبيدات / كوليسترول مما يوضح تطور مبكر لحالة تصلب شرايين Atherosclerosis ، ودهننة الكبد لزيادة نشاط إنزيمات السيرم (لاكتيك دى هيدروجيناز ، الفوسفاتاز القاعدى ، الترانس أمينازات) . ونقص نسبة الألبيومين / جلوبيولين فى السيرم، أى أن التسمم بالرصاص يؤدى لأضرار بالأوعية والكبد والأعصاب، ويحدث أنيميا،

صور الرصاص فى البيئة وتأثيراته على الإنسان



ويؤثر على حركة العضلات فتضعف ، فيحدث شلل الوجة أو شلل محرك العين ، وضمور بصرى .

ويمكن العلاج بالمركبات المخلبية Chelating الأقل سمية مثل مركب D - Penicillamine الذى يرتبط بالرصاص ، فيمكن خفض نسبة الوفيات من ٢٥ ٪ إلى ٥٪ . وعموما فإن بعد علاج الحالات الحادة يظل ٢٥ ٪ منها لديهم اضطرابات عقلية أو سلوكية . وللعلاج يبدأ باستبعاد مصدر الرصاص ،وتعطى الجرعات القصوى الآمنة من كل من BAL مع EDTA بالحقن البطىء ، وتعالج النوبات بالبارالدهيد ، ويزال زيادة الضغط الداخلى للجمجمة بالبزل القطنى أو بإعطاء محاليل ملحية مركزة من المستقيم أو فى الوريد . وقد يستمر العمى بعد العلاج لعدة أيام ، أو قد يستمر دائما . كما يتغلب على التسمم بالرصاص بالغسيل المعدى بمحلول كبريتات ماغنسيوم أو صوديوم ، ملطفات للأغشية المخاطية ، الحقن الوريدى بقيوسلفات صوديوم ، حقن بالقلويات والكالسيوم وفيتامين D .

ويؤدى الرصاص العضوى المضاف للبنزين إلى أعراض تسمم بين عمال تانكات تخزين البترول والمشاحم ، فى شكل اضطرابات النوم وكوابيس ، وأعراض نفسية حادة تتميز بالإثارة والجنون ، مما يستلزم تناول المهدئات . وأدى هذا إلى تحريم عمل الأطفال فى محطات التشحيم منعا للتسمم بالرصاص ، وإلى إنتاج بنزين خالى من الرصاص، ومنع استخدام مواسير مياه مصنوعة من الرصاص . ففى

أمريكا ما يزيد عن إثنين مليون طفل أصيبوا بأضرار فى المخ ، فهناك طفل مصاب بتسمم الرصاص من بين كل ستة أطفال . وفى مصر ثبت أن الرصاص أضر بمناعة الأطفال وعظامهم ،كما أدى لانتشار الأنيميا بينهم ، بجانب التخلف العقلى ، وانخفاض نسبة الذكاء ، والعتة وبطء التفكير ، وصعوبة القراءة والرسوب ، والفشل الكلوى ، والتليف الكبدى . لأن الأطفال أكثر عرضة للتسمم بالرصاص عن الكبار لزيادة امتصاص الرصاص من أمعاء الأطفال حتى ٩ مرات قدر امتصاصه فى البالغين . واحتوى دم أطفال مصر أعلى من المستوى المسموح من الرصاص (وهو ١٠ ميكروجرام /١٠٠ مل فى أمريكا) . ومصدر الرصاص للأطفال هو عادم السيارات،وأحبار ورق الصحف (المستخدمة فى لف الأغذية وتعبئتها) ، وبعض الأغذية المعلبة فى علب ملحومة بالرصاص .

وتؤدى المعادن الثقيلة (رصاص ، زئبق ، كادميوم) باستنشاقها إلى آثار كاوية (لترسيبها للألبيومين) بالشعب الهوائية ، فيظهر التهاب شعبى ورئوى ، كما تؤدى الى تسمم مزمن فى شكل رعشة وإثارة وشلل. وتتوقف أعراض التسمم على نظام توزيع هذه المعادن فى مركباتها العضوية وغير العضوية المرتبطة بها على أجزاء الجسم . وتؤثر هذه المعادن على عديد من الإنزيمات المحتوية على الكبريت والهيدروجين ، فتثبط بشدة من نشاط إنزيمات الأسيتيل كولين إستراز والكولين إستراز .

فتسمم الرصاص (أو النحاس) يحدث أنيميا ، نتيجة خفضة لنشاط إنزيم دلتا حمض أمينو ليفيولينيك دى هيدراتاز (δ-ALAD) المشترك فى تخليق الهيم ، والذى ينشطه الزنك ، أى أن التسمم بالرصاص (أو النحاس) يخفض من الزنك وإنزيم δ-ALAD (الذى يعد ارتفاعه دليل للتسمم بالرصاص) ، ويزيد حمض اليوريك فى الدم .

وإن كان الرصاص أقل من الزئبق ، والأخير أقل من الكادميوم فى تثبيط نشاط إنزيمات الأسيتيل كولين إستراز والكولين إستراز ، إلا أن وجود الرصاص مع الكادميوم يزيد من تأثيرهما عما لو وجد كل منهما على حدة . ووجود السيلينيوم مع الرصاص يزيد من تركيز رصاص الكلى ، ويؤدى نقص حديد الغذاء إلى زيادة محتوى الرصاص فى العظام والكلى والدم ، بينما وجود الفوسفور يخفض من رصاص الدم والعظام والرصاص المعدنى أكثر سمية من العضوى ، والرصاص فى المركبات الذائبة أكثر سمية ، والرصاص فى الزيوت والنباتات أكثر سمية من الرصاص المعدن أو الملح . والتسمم الحاد بالرصاص فى الإنسان والحيوان يؤدى الى تغييرات ظاهرية ووظيفية فى خلايا الأنابيب الكلوية . لتكوين معقد من البروتين والرصاص ، فتتلف نظم الأكسدة والفسفرة. كما يؤدى الرصاص إلى احتقان ونزف الأعضاء الداخلية، كما يؤدى التسمم الحاد إلى العمى وسيولة اللعاب وطحن الأسنان والضعف والاسهال ، وفى الشكل المزمن تفقد الشهية للأكل مع إحباط وضعف العضلات ، وانتهاك القوة ، ويخزن الرصاص فى العظام

محل الكالسيوم ، مسببا هشاشة العظام ومساميتها Osteoporosis وطراوتها . ويزيد الأثر السام للرصاص بانخفاض كالسيوم وفوسفور وكبريت الغذاء، وتتأثر صورة الدم وعدد مرات التبول فى التسمم بالرصاص ، بجانب ارتفاع ضغط الدم ، وضمور العصب البصرى والتهابه وارتشاحه ، ونزف قاع العين ، وضعف الرغبة الجنسية .

وتتسمم الأسماك والحيوانات الأرضية المختلفة بالرصاص كذلك ، فتربية جمبرى المياه العذبة فى أجسام مائية بها صرف صحى يؤدى إلى تراكم الرصاص فى الهيكل الخارجى والأحشاء بتركيزات أعلى مما فى العضلات . ويؤدى الرصاص إلى نزف واحتقان القناة الهضمية والكلى وزيادة دهن ورصاص عضلات الأسماك ، بينما ينخفض محتواها من الفوسفور . وبتحليل الرصاص فى بحيرة المنزلة وجد أن تركيزه فى السمك أعلى عنه فى رواسب البحيرة (٧,٢٤ - ٩,١٦ جزء/ مليون) ومياهها (٠,٧١ جزء / مليون) ، وفى عضلات أسماك الطوبار أعلى (١٣,٦ - ١٥,٦ جزء / مليون مادة جافة) مما فى البورى (١٣,٧ - ١٥,٠ جزء / مليون) والدنيس (٩,٩٢ - ١٢,١ جزء / مليون) ، علما بأن حد السماح منه فى الماء والسمك ٠,٠٥ ، ٥ جزء / مليون مادة جافة على الترتيب ، كما وجد فى عضلات الكابوريا والجمبرى (٠,٢٤ - ٠,٩٥ جزء / مليون) . وتحتمل الطيور حتى ١٥ جزء / مليون رصاص ، بينما ٦٠ جزء / مليون تؤدى إلى تسممها . ويعتبر المرعى المحتوى ٣٥٠ جزء / مليون رصاص سام للحيوانات بشكل حاد (٤٠٠-٨٠٠ جزء / مليون حسب الحيوان وعمره)، بينما ٤,٥ جزء

/ مليون تؤدى الى تسمم مزمن فى الأغنام ، ١٥ - ٣٠ جزء / مليون تؤدى لتسمم ونفوق الخيول فى ظرف ١٩٠ يوم .

فيظهر خط أزرق على لثة الخيول (والإنسان) ، وتموت بروتوزوا الكرش للأثر الكاو للرصاص على مخاطية الجهاز الهضمى ، فيحدث إسهال ، وتتلف الأنسجة العصبية بما يؤثر على المخ والأعصاب . وتنفق ١,٢ ٪ من ماشية ايرلندا سنويا و ٤,٥ ٪ من عجولها بتسمم الرصاص ، وذلك من لعق الدهانات ، والرعى فى مقابر السيارات والبطاريات القديمة وأحواض زيت السيارات وبالقرب من طرق المواصلات السريعة، ويرتفع محتوى اللبن من الرصاص من ٦ - ١٣ جزء / بليون فى حالة عدم التلوث إلى ٥٠ - ٣٠٠ جزء / بليون فى حالة تلوث المرعى . ويزيد التلوث بالرصاص للتغذية الخضراء ، فتترنح الحيوانات ، وتصاب بالعمى مع سيولة اللعاب ، وضرب الرأس فى الحوائط ، وتشنجات عضلية ثم النفوق. وفى الحالات الأقل شدة يظهر مغص واسهال وفقدان الشهية وإثارة وأنيميا . وقد ارتفع مستوى رصاص الدم فى الجاموس الهندى من ٠,٢٥ جزء / مليون إلى ١٣,٨ - ٣٥,٨ جزء / مليون فى حالة التسمم بالرصاص . كما يرتفع رصاص الدم والكلى والكبد والعظام والمخ والعضلات فى العجول بارتفاع رصاص علائقها .

وتركيز الرصاص فى الهواء طبقا لمنظمة الصحة العالمية يتراوح ما بين ٠,٥ إلى ١,٠ ميكروجرام فى المتر المكعب فى السنة ، بينما فى مصر يتراوح ما بين ٠,٨ إلى ١٢,٥ ميكروجرام / م٣ / سنة . وفيما

يلى الحد الأقصى المسموح بوجودة من الرصاص فى الأغذية الألمانية المختلفة (جزء / مليون) :

الغـــذاء	مستوى الرصاص	الغـــذاء	مستوى الرصاص
ماء الشرب	٠,٠٥	أغذية الرضع	٠,٠٢
الأغذية	١,٠٠	الأسماك	٠,٥٠٠
المحاريات	١٠,٠٠	لحوم الذبائح	٠,٣٠
كبد حيوانات	٠,٨٠	لبن	٠,٠٥
بيض دجاج	٠,٢٠	خضراوات ورقية	١,٢٠
ملح الطعام	٢,٠٠	علائق الحيوانات	١٠-٣٠

ويميز التسمم بالرصاص فى الحيوانات بزيادة مستوى الرصاص فى دم المجترات والخيول لأعلى من ٠,٣٥ جزء / مليون ، وفى دم الخنازير لأعلى من ١,٢ جزء / مليون . وفى الروث الجاف للماشية ١٠٠ - ١٠٠٠ جزء / مليون ، وفى اللبن أكثر من ٠,١٥ - ٢,٣ جزء / مليون ، وفى الكبد أعلى من ١٠ - ٢٠ جزء / مليون ، وفى الكلى أعلى من ١٠- ٤٠ جزء / مليون .

خامسا : الزئبق Mercury (Hg) :

تصب سنويا كميات كبيرة (حوالى ٥ آلاف طن) من الزئبق (من معامل ومصانع الورق وعجينة الورق ، والمبيدات ، والترمومترات ،

والدهانات ، والمرايات ، وحشو الأسنان) فى المجارى المائية ، فيرسب الزئبق فى قاع الأنهار والبحيرات فى شكل مركبات ميثيل الزئبق عالية السمية (وهى الشكل الموجود علية الزئبق بنسبة ٩٩٪ من الزئبق الكلى فى الأنسجة الحيوانية) . وعلى ذلك فإن الأسماك فى المياه العذبة تكون الأكثر تلوثا بالزئبق (عادة أقل من ٠,٢ جزء / مليون) ، فأسماك نهر السافانا احتوت ٠,١٠ - ٠,٧٢ جزء / مليون زئبق ، والأسماك آكلة الهوائم الحيوانية احتوت أجزاءها غير المأكولة على ٠,٠١٢ جزء / مليون والأجزاء المأكولة احتوت على ٠,٠٦٩ جزء / مليون زئبق . فالزئبق يتراكم بشدة كلما ارتقى الحيوان المائى فى السلسلة الغذائية (فأعلى تركيز له فى كبد عجل البحر حتى ١٦٤ جزء / مليون) ، وبطول العمر (أسماك القرش والتونة والسيف وغيرها) وهو أعلى فى آكلات اللحوم من الأسماك النهرية والبحرية (يزيد عن ١,٠ جزء / مليون) ، فاحتوت عضلات أسماك التونة من شمال غرب المحيط الأطلنطى ٣,٤١ جزء / مليون من الزئبق (على أساس الوزن الجاف) . ويصل تركيز الزئبق فى كبد الطيور البرية الجارحة الى ٣٠٠ جزء / مليون ، ويرتبط ميثيل الزئبق مع بروتين عضلات الأسماك . هذا بجانب حوالى ٥ آلاف طن أخرى من الزئبق تخرج بدون مراقبة للبيئة سنويا . وتحتوى النباتات عادة تركيزات منخفضة من الزئبق ، ٠,٠٠٤ - ٠,١٣٥ جزء / مليون باستثناء الشاى (٠,٤٦ جزء / مليون) وعيش الغراب المرتفعين فى محتواهما من الزئبق ، علما بأن الحد الأقصى المسموح به من الزئبق فى الأغذية الطازجة ٠,٥ جزء / مليون

(لحوم مجترات ٠,٠٢ ، بيض ٠,٠٣ ، لحوم خنازير ٠,٠٥ ، كبد حيوانات ٠,١٠ ، أسماك ١,٠٠ جزء / مليون)، وفي ملح الطعام ٠,١٠ وفي الأعلاف ٢ جزء / مليون ، وفي ماء الشرب ٠,٠٠٥ جزء / مليون . والحد الأقصى المسموح بتناوله يوميا من الزئبق ٤٥ ميكروجرام ، بينما المستهلك الفعلي في وسط أوربا ٤-١٠ ميكروجرام (٢٠٪ منها من السمك) / فرد / يوم .

ويمتص الزئبق بنسبة بسيطة (٢-١٥٪) من القناة الهضمية من المأكول والمشروب ، والمركبات الذائبة في الدهون العضوية تمتص بمعدل أعلى (٥٠ - ٨٠٪) وكذلك الميثيل زئبق (٩٠-١٠٠٪) . والمركبات العضوية الذائبة في الدهون تصل إلى المشيمة أفضل من المركبات غير العضوية . ويتراكم الزئبق في الأنسجة العضلية للكائنات المائية ، وفي الكبد والكلى للحيوانات والدواجن ، وفي الريش والعظام والجلد والمخ والعضلات للدجاج ، وشعر الحيوانات ، وأظافر الأفراد ، لذلك تحذ وزارات الصحة في الدول المتقدمة من استهلاك كبد وكلى الأبقار والخنازير والأرانب البرية . ويفرز الزئبق الممتص أساسا عن طريق الأمعاء، ولا يفرز في اللبن إلا بقدر ضئيل جدا، بينما يفرز في البيض (في البياض أكثر منه في الصفار) . ويؤدى الزئبق الى نقص خصوبة الرجال ، واجهاض السيدات .

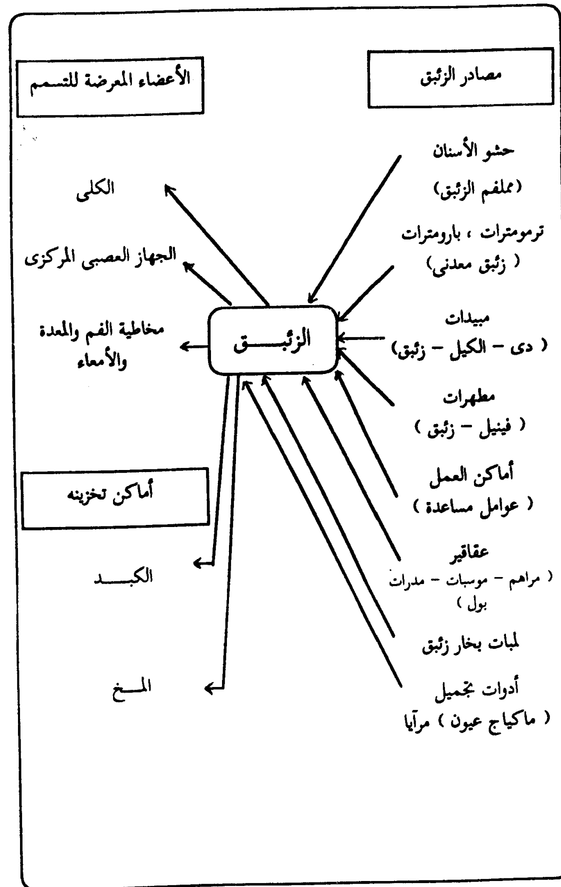
وعند تغذية الجرذان على ١٦ جزء / مليون ، تراكم الزئبق في الكبد والمخ بمستوى ٢٦ و ١٢ جزء / مليون ، على الترتيب . وتراكم

الذكـور تركـيـزات أعلى من الزئبق فى أنسجتـهـا عن الإناث . ويؤدى تلوث مـيـاه الشـرب بالزئبق إلى انخـفـاض وزن الدجـاج ، وانخـفـاض استهلاكه للأكل ، وانخفاض وزن البيض ، وانخفاض نسبتى الخصوبة والفقس ، وانخفاض وزن الكتاكيت الناتجة من دجاجات استهلكت الزئبق ، وتنخفض أوزان الكلى والدرقيـة ، كـمـا يؤدى الزئبق إلى زيادة نشاط انزيم الفوسفاتاز الحامضى .

ويؤدى نقص الكبريت أو السيلينيوم إلى زيادة حدية معاناة الإنسان من التسمم الحاد بالزئبق، بتحويل الزئبق غير العضوى إلى ميثيل الزئبق فى السلسلة الغذائية .

ذكر أكثر من ٣٠٠ استخدام للزئبق فى الطب والزراعة والصناعة، وانتشر التسمم الزئبقى فى اليابان عام ١٩٥٠م ، ١٩٦٤م وفى العراق عام ٧١ / ١٩٧٢م ، ففى اليابان من استهلاك سمك من مياة ملوثة وفى العراق من استهلاك خبز من قمح مستورد معالج بمبيد فطرى زئبقى . وتغذية الطيور على حبوب معالجة بمثل هذا المبيد تخلف زئبق بتركيز عال فى البيض إن لم تنفق الطيور . وبتناول الزئبق يزداد تركيزه فى دم وشعر الإنسان ويؤدى إلى خلل عصبى وقصور فى النظر وتغييرات مرضية (شلل أطراف ، اضطرابات السير ، صداع ، آلام فى الأرجل، صعوبة الكلام والأكل والسمع) .

ولقـد بدأت مـشكلة الزئبق فى الثـلاثينات لوجـوده فى الفـواكـة والخضر نتيجة الممارسات الزراعية ، ثم تجددت المشكلة فى عام ١٩٥٢م



الأعضاء المعرضة للتسمم
مصادر الزئبق
الكلى
الجهاز العصبى المركزى
مخاطية الفم والمعدة والأمعاء
الزئبــــق
حشو الأسنان
(مملغم الزئبق)
ترمومترات ، بارومترات
(زئبق معدنى)
مبيدات
(دى - الكيل - زئبق)
مطهرات
(فينيل - زئبق)
أماكن العمل
(عوامل مساعدة)
عقاقير
(مراهم - موسبات - مدرات بول)
لمبات بخار زئبق
أدوات تجميل
(ماكياج عيون) مرآيا
أماكن تخزينه
الكبــــد
المــخ

لاستخدامه فى المضادات الفطرية المعالجة للقمح ، وبذلك وجد طريقة للسلسلة الغذائية ، وفى الستينات انتشر وجوده فى الأسماك والرخويات للتلوث البيئى على مستوى العالم .

ولقد وضعت إدارة الغذاء والدواء FDA مستوى ارشادى ٠,٥ جزء / مليون زئبق فى الأغذية البحرية (أسماك - محار - قشريات - وغيره من الحيوانات البحرية) وذلك لحماية المستهلكين من ارتفاع متبقيات الزئبق نتيجة التلوث البيئى . كما وضعت ارشادات أيضا للقمح بحيث لايتعدى محتواه من الحبوب القرنفلية عن ٢٠ حبة / كجم ، ولايزيد محتواه عن ١ جزء / مليون زئبق .

ومصادر التلوث بالزئبق عديدة ومن بينها :

١- مصانع الورق والسليلوز .

٢- مصانع الكلور القلوى باستخدام الكترودات زئبق للتحليل الكهربى (فى سوائل الصرف).

٣- مبيدات حشرية عضوية (فطرية) لمعالجة الحبوب .

٤- الوقود الحفرى (فحم) (فى الغازات) .

٥- وجود طبيعى فى التربة (٠,٠١ -٠,٠٦ جزء / مليون) والصخور (٠,٠١ -٠,٠٩ جزء / مليون) والهواء (٢-٥ نانوجرام /م٣) والماء (٠,٠٠٢ -٠,٠٠٦ جزء / مليون).

٦- فى الأغذية من منتجات ألبان وحبوب (غير معالجة

بالمبيدات) والبطاطس والبقول (٠,٠٠٣ جزء / مليون) والأسماك (حتى ٩,٨ جزء / مليون).

٧- صرف زراعى .

٨- أجهزة كهربائية (مقاومات وموصلات ولمبات فلورسنتية ولمبات زئبق وبطاريات) (فى العوادم السائلة والغازية).

٩- تنقية وتقطير الزئبق .

١٠- بقايا دهانات ووسائل منع العفن .

١١- موانع عفن للملابس .

١٢- مبيدات طحالب .

١٣- تصنيع مواد خام كالكربون والفحم والطباشير والبيريت .

١٤- بيع الترمومترات والبارومترات وغيرها من هذه الوسائل .

١٥- مبيدات الفطريات للأغراض المختلفة (فلتر هواء - مكانس - قمامة - قوارب - معاملة الفواكة عقب الحصاد) .

١٦- أدوات التجميل المستخدم الزئبق فى حفظها ويمتصها الجلد ، وصورة العضوية أكثر سمية من غير العضوية، فكريم التبييض المعامل بالأمونيا يحتوى ٠,٠٠١٢ -٠,٠١٢٪ يسبب حالات أمراض كلوية فى الإنسان نتيجة استخدامه المستمر .

١٧- مراهم طبية مثل مرهم الزئبق الحلو (كالومل) وأوليات

الزئبق (تمتصه الكلى بشدة) .

١٨- فضلات المستشفيات والمعامل وعيادات الأسنان .

١٩- صناعة البلاستيك باستخدام الزئبق كعامل مساعد لتخليق الأسيتالدهيد (فى الصرف السائل) .

٢٠- مملغم حشو الأسنان .

وإزالة سمية التلوث بالزئبق تتطلب ١٠٠ عام على الأقل ، أو غير فعالة بالمرة للتلوث المائى ، رغم تعدد صورها مثل توفير وسط لاهوائى لخفض عملية اكساب الزئبق لمجاميع الميثيل ، وزيادة PH تسحب مجامعى الميثيل ، أو تغطية الرواسب بمواد غير عضوية ، أو إزالة ميثيل الزئبق بالتجريف أو السحب ، أو استخدام الراتنجات للمخلفات الصناعية، أو خفض محتوى السمك بميثيل الزئبق بالمعاملة بمركبات السلفهيدريل مثل ١,٠ -٠,٢٥٪ محلول ل - سيستيئين هيدروكلوريد فى محلول ملحى ، أو بنزع سميته بتحويله إلى مركبات صعبة الذوبان مثل Hg Se أو Hg S . ورغم أن القمح المعامل بالمبيد الفطرى ممنوع استخدامه آدميا ، فإنه يدخل أحيانا السلسلة الغذائية ، كما ضبطت بطاطس ملوثة بالزئبق نتيجة نقلها فى أكياس سبق استخدامها فى نقل قمح معامل بالمبيد الفطرى .

وتلوث الأسماك بميثيل الزئبق (حتى ٥٠ جم / كجم) فى خليج مينا ماتا فى اليابان أدى الى موت كثير من أسر الصيادين (٤٥ فرد منهم ١٩ مولود) اليابانية فى الخمسينات (١٩٥٣ - ١٩٦٠م)

ثم مرة أخرى فى نيجاتا Niigata فى اليابان عام ١٩٦٤ / ١٩٦٥م ، فبلغ عدد مرضى هذا التسمم الزئبقى فى اليابان أكثر من ٥٠٠٠ شخص ، مما دعى السويد (لارتفاع تلوث أسماكها لكثرة استخدام المبيدات الفطرية وفى صناعة الورق)عام ١٩٦٤م الى الاهتمام بالتلوث الزئبقى . فوضعت عام ١٩٦٧م حد سماح فى الأسماك قدره ١ جزء / مليون . ولقد ارتفع محتوى الزئبق فى الأسماك الكندية من البحيرات إلى ١٠٠ جزء / مليون نتيجة انتشار مصانع انتاج غاز الكلور باستخدام خلايا الزئبق وصرف مخلفاتها فى البحيرات والأنهار .

ونفس الكارثة اليابانية تكررت فى المكسيك عام ١٩٦٩ من جراء آكل لحوم خنازير (٢٨ جزء / مليون زئبق) غذيت على حبوب مغلفة بمثيل زئبق ثنائى سيانو ثنائى أميد (٣٢ جزء / مليون) مما أدى الى انتشار تلف بالمخ كما حدث فى اليابان من قبل .

ولما كان معدل خروج الزئبق من السمك أقل من خروجه من الحيوانات الأرضية ، فإنه يتراكم (نصف عمره سنتان) فى السمك ، وتكرار أو استمرار التغذية على السمك الملوث بشدة يؤدى إلى ظهور مرض ميناماتا (التسمم بالزئبق) Minamata disease .نصف العمر البيولوجى للزئبق فى الإنسان حوالى ٧٤ يوما ، وفى الفئران ٣,٧ يوم ، وفى الجرذان ١٥ – ١٧ يوماً .

وتبدأ أعراض التسمم بالزئبق فى الظهور عندما يصل مستوى زئبق الدم ١٠٠ ميكروجرام /١٠٠ مل (١جزء / مليون) أو أقل أحيانا

(٠,٦٥ جزء / مليون) ، وهناك علاقة طردية بين زئبق الدم وميثيل الزئبق المستهلك ، وهناك علاقة بين تركيز البلازما وتركيز البول من الزئبق . وتركيز ٠,٦٥ جزء فى المليون قد يؤدى لاضطرابات كروموسومية، بينما ارتفاع تركيز المخ من الزئبق (١٠ جزء / مليون) يؤدى إلى أضرار غير عكسية أو الموت . واحتواء نسيج المخ على ٨ جزء / مليون زئبق يؤدى إلى الإضرار بالجهاز العصبى المركزى ، وظهور أعراض عصبية من أنواع مختلفة . أى إن الإستهلاك اليومى لواحد مليجرام ميثيل زئبق سوف يؤدى الى الأضرار العصبية فى المخ ، على فرض استهلاكها لمدة سنة ، وأن الزمن اللازم لإخراج نصف الكمية هو ٧٠ يوماً فى الإنسان ، وأن حوالى ١٥٪ من مخزون الجسم من الزئبق يستبقى فى المخ . وعموما تظهر أعراض التسمم بوصول تركيز الزئبق فى الدم ٥٠ - ١٠٠ ميكروجرام /١٠٠ مل ، وللأمان لاينبغى زيادة تركيزه فى الدم عن ١٠ ميكروجرام / ١٠٠ مل .

وليس هناك تركيز دولى مقبول للزئبق أو ميثيل الزئبق فى السمك، لكن هناك ارشادات كندية وأمريكية (٠,٥ جزء / مليون) وسويدية (١,٠ جزء / مليون) لكن بالنسبة للأغذية الأخرى فقد وضعت هيئة الأغذية والزراعة مع هيئة الصحة العالمية FAO /WHO تركيز مسموح به حتى ٠,٠٥ جزء / مليون .

أعراض التعرض لألكيل الزئبق :

فى عام ١٨٦٥م تعرض كيميائيان لبخار دى إيثيل زئبق ، فأدى

استنشاقه إلى موت أحدهما بعد ١١ يوم ، والآخر بعد عام ، بعد أن فقد بصره وسمعه وإصابته بالجنون الكامل . وفى عام ١٩٤٠م حدث تعرض لمركبات ألكيل الزئبق المستخدمة لمعاملة الحبوب، فأدى ذلك إلى تخدير Parathesias الأطراف والفم والشفاة ، ضيق حيز الرؤية حتى العمى ، الصمم ، اضطراب السير ، فقد النطق ، تدهور عقلى ، ضمور سحاء المنطقة المخططة. وفى أوائل الستينات سجلت حالات تسمم من الزئبق فى كل من جواتيمالا والولايات المتحدة والعراق وباكستان لمعاملة الحبوب أو البذور بالمبيد الفطرى (ميثيل زئبق دى سيانودى أميد) أو من اللحوم خاصة من الخنازير المغذاه على الحبوب الملوثة ، ومعظم المرضى قد ماتوا ومن بقى حى عانى من العمى وظل معاق بشدة ، فالزئبق يؤدى إلى مرض تخدير Narcotizing Disease الجهاز العصبى .

وينتقل الزئبق إلى الغدد اللبنية للأم وينزل فى لبنها كما يمر من المشيمة إلى الجنين ، ويتركز فى الجنين بمعدل ٣٠٪ أعلى منه فى الأم (فى كرات الدم الحمراء)، ومرور الميثيل زئبق من المشيمة أسرع من مرور الزئبق غير العضوى .

وعموما قد يفيد العلاج بمركبات السلفهيدريل من الآثار المميتة للزئبق ، فقد استخدم الحقن الوريدى بمركب - N-acetyl- DL Penicillamine ،كما يمكن التغذية على راتنجات مخلقة معينة تحتوى مجموعة SH أو مواد مخلبة مثل British Anti - Lewisite

(BAL) تصيد الزئبق من الجسم ، وإذا اتحد الزئبق مع مجاميع SH معينة فى الأنسجة والأعضاء فلا يفيد العلاج السابق . هذا كما يعالج التسمم الزئبقى باللبن والبيض ، أو أى بروتين ليرتبط بالزئبق ، مع الغسيل المعدى باستخدام ماء البيومين أو لبن فرز أو فحم حيوانى وكبريتات ماغنسيوم (٣ ملاعق كبيرة فحم + ٢ ملعقة كبيرة كبريتات ماغنسيوم فى زجاجتين ماء)، وصوديوم فورمالدهيد سلفوكسيلات (١٠جم) لتر سيب الزئبق لتأخير امتصاصه . ويخرج المعدن بإدرار البول بسترات أو خلات الصوديوم ، وقد يفيد الحقن الوريدى بجلوكونات الكالسيوم (١٠ مل من محلول ١٠٪)، ويعالج انقطاع التبول بالحقن الوريدى بمحلول رينجر (٥٠٠ مل) .

والزئبق غير العضوى يتحول ميكروبيا(فى البحيرات والأنهار والتربة وكذلك فى أمعاء الثدييات) إلى مركبات أشد سمية هى مركبات ألكيل الزئبق (كما تقوم البكتريا كذلك بنزع سمية المركب العضوى الزئبقى بتحويله إلى زئبق معدنى) ، فيؤدى التسمم الحاد إلى تلف الكلى ، مما يحدث بولينا تؤثر على المخ ، فتحدث الإضطرابات العصبية من تشنجات وسقوط وصداع وانخفاض مستوى الوعى . أما التسمم المزمن فيصاحبه التهاب اللثة والفم وسيولة اللعاب ، وفقدان الشهية، ومغص كلوى ، ورعشة عضلات الوجه والأطراف ، وصعوبة فى الأكل والكلام والسمع والرؤية وتبلد وعدم الثقة بالنفس والخجل ، والخوف والإحباط والغضب والأرق وعدم الثبات العاطفى نتيجة الإضطرابات العقلية . لذا وضع حد أمان للاستهلاك اليومى ADI من

الزئبق ٠,٦ - ١,٠ مجم / فرد والحد المستهلك غير المسبب تأثيرات مرضية ٠,٣ مجم / يوم / فرد (فى السويد) ، علما بأن متوسط الإستهلاك اليومى من الزئبق فى أمريكا٢٥ ميكروجرام / فرد .

والجرعة السامة للإنسان من الزئبق ٢٥٠ مجم / كجم ككلوريد زئبقيك ، وهى ٤ جم للخيل والماشية والأغنام ، (فكلوريد الزئبقيك من أشد المركبات سمية)، والجرعة السامة من ميثيل الزئبق ١٠ مجم / كجم وزن جسم للماشية أو ١٧,٤ مجم / كجم وزن حى للأغنام . فتظهر الحيوانات المستهلكة للزئبق غير العضوى تخثر لمخاطية الجهاز الهضمى ، التهاب معدى ، التهاب ونكرزة الكلى والمستقيم والفم ، مغص . بينما الزئبق العضوى أبطأ فى تحررة من مركباته ، فيؤدى الى هدم المخ والأعصاب والكلى ، ويحدث العمى والعتة والرعشة والتشنج وسيولة اللعاب . والمركبات العضوية للزئبق أسرع امتصاصا فى معدة الثدييات عن المركبات غير العضوية والمعدنية .

ويتوقف تحويل الزئبق إلى ميثيل زئبق فى الماء على تركيز أيون الهيدروجين ، وجود المغذيات ، تخليق الميثيونين ميكروبيا بالقرب من مصدر التلوث ، الإمتزاز ، التعقيد ، ترسيب أكاسيد الحديد والمنجنيز ، التبادل الكاتيونى ، وجود الدوبال ، وجود الكبريتيد فى طبقة الطين / سيليت .

ويوجد الزئبق فى التربة المصرية بتركيزات ما بين ٣٥ إلى ٦٥٠ جزء / بليون، وتحتوى بعض النباتات المصرية تركيزات ما بين ١٠ إلى ٣٩٥ جزء / بليون .

ويؤدى التسمم بالزئبق إلى حالات وفيات ، بعد إسهال ونزف وأوديما، ونكرزه الكبد والمعدة، واختلافات فى نشاط الإنزيمات (ترانس أمينازات) وشدة ارتفاع سكر الدم مع انخفاض كالسيوم الدم ، مع جفاف الكبد وزيادة محتواه الدهنى كثيرا وتفريغه من فيتامين (أ) والحديد . وقد تركز الزئبق فى الكبد بمعدل سبعة أضعاف معدل الزئبق الموجود فى الغذاء . وبتحليل أكباد ومخ وأعضاء ذبائح الأرانب ثبت احتوائها على الزئبق بأعلى تركيز فى الكبد (٢٦٧ جزء / مليون) ممايؤكد بما لايدع مجالا للشك أن علائقها (معظمها حبوب وأساسا الأذرة) حتما ملوثة بالزئبق (ربما فى تركيب مبيد فطرى أو حشرى مستخدم فى حفظ مكونات هذه العليقة سواء فى مصر أو فى البلد المستورد منها مكونات هذه العليقة وأساسا الأذرة الصفراء) .

وفى تحليل لمحتوى الزئبق فى الأسماك المصرية ، وجد اختلافات بين الأنواع السمكية، فاحتوت عضلات البربونى زئبقا أعلى مما فى البورى ، وزاد الزئبق فى لحوم الأسماك بزيادة أحجامها، وكانت أعلى التركيزات فى الأمعاء ثم العضلات فالخياشيم فالعمود الفقرى . وتركيز الزئبق فى لحوم الكابوريا ٠,٢٠ - ١,٧٢ وفى لحوم الجمبرى ٠,٠٥ - ٠,٨٣ جزء / مليون (من عزبة البرج وبحيرة المنزلة) .

وأدت تغذية الدجاج البياض على قمح معامل بمبيد فطرى يحتوى الزئبق إلى تخلف متبقيات الزئبق فى لحوم الصدر والكلى والكبد ولحوم الفخذ والمخ والعظام وبياض وصفار البيض ، مع انخفاض

وزن الجسم للدجاج (وكتاكيت فقس البيض من الدجاجات المعاملة)، وانخفاض وزن البيض ونسبتى خصوبته وفقسه . فالطيور تتحمل حتى ٥ جزء / مليون ، بينما الجرعة السامة للزئبق للدواجن ٢٠ جزء / مليون. وباحتواء ماء الشرب على ٣٠٠ جزء / مليون زئبق ينخفض وزن كبد الكتاكيت ، وينخفض نشاط إنزيمات تخليق الأحماض الدهنية ، ويزيد نشاط إنزيم الفوسفاتاز الحامضى . كما يؤدى الزئبق إلى نفوق الكتاكيت ، ونكرزة مخاطية الحوصلة والقانصة ، ونكرزة طلائية الأنابيب الكلوية، ونكرزة واحتقان الكبد ، واحتقان الأوعية السحائية والمخيخية ، واستسقاء ونكرزة وتجمع ليمفاوى فى الفص البصرى . وأعلى تركيز للزئبق فى الخنازير يكون فى الشعر ثم الكلى والكبد والطحال .

وفى دراسة حديثة ثبت أن تكرار حشو الأسنان بمملغم الزئبق يؤدى الى زيادة مستوى الزئبق فى البول والدم وزيادة نشاط إنزيم -N acetyl β - glucosaminidase فى البول وزيادة تركيزات يوريا وكرياتينين وحمض يوريك الدم مما يشير لتأثيرات الزئبق على عمل الكلى .

سادسا : الزرنيخ Arsenic (As) :

من العناصر عالية السرطانية للإنسان ، والزرنيخ أول المبيدات المعروفة بأنها تسبب السرطانات ، وتتشبع به كثير من المياه والأراضى لتكرار استخدامه أو للتشكيلات الصخرية التى تحتوى على الزرنيخ . فقد

وجد أن أكبر حالة تسمم كيماوى تهدد مئات الآلاف من سكان بنجلاديش والهند لتلوث طبيعى للماء الأرضى بالزرنيخ تتطلب إيجاد مصادر أخرى لماء الشرب أو حفر آبار بعمق ٩٠٠ قدم للوصول تحت مستوى الزرنيخ. أكثر من ٢٥٠ ألف بنجلاديشى مصابون بالتهابات جلدية وأعراض تسمم زرنيخى على الجلد ، وفى غرب البنجال قتل الزرنيخ على الأقل ١٠٠٠ مواطن . فزرنيخ ماء الشرب يشكل أكبر خطر سرطانى ، فهى كارثة تماثل فى خطرها كارثة انفجار المفاعل النووى فى تشرنوبيل بأوكرانيا، أو انفجار مصنع كيماويات بهوبال الهندى أو التسمم الكبير بالزئبق فى اليابان . فقد ذكر وزير الصحة البنجلاديشى أنه يحذر من احتمال إصابة حتى ٧٠ مليون مواطن ، حيث وجد التلوث فى ثلثى المقاطعات البنجلاديشية، مما جعل بعض القرويين يطلقون على هذا التلوث أنه لعنة الرب ، فقد أصيبت عائلات كاملة، ويخشى الآباء على بناتهم لمنعهم من الزواج بسبب هذا التلوث الجماعى . وقد رأى الأمريكان أن الحل يكمن فى تنقية المياه باستخدام مواد تجلط أو تجمع أساسها أوكسيد الحديد (كطريقة غير مكلفة وعملية) ، فيضاف هذا المحلول إلى ماء الآبار ثم يمرر خلال مرشح رملى ، فتبلغ تكلفة الأسرة البنجلاديشية فى السنة لهذه الطريقة دولاران ، ووافق البنك الدولى على إقراضها ٣٢,٤ مليون دولار للمساعدة فى حل هذه المشكلة، وسترتفع تكلفة التغلب على هذه الكارثة خلال ١٠- ١٢ سنة المقبلة إلى ٢٧٥ مليون دولار .

والزرنيخ واحد من العناصر الدقيقة المنتشرة فى الهواء والماء ،

والعنصر ثلاثى التكافؤ أكثر سمية من الخماسى ، وأكثرها سمية هو ثالث أوكسيد الزرنيخ . الجرعة المميتة منه تتراوح ما بين ٤٥ و ٢٢٥ مجم زرنيخ ، إلا أن استهلاك ١ مجم As_2O_3 يظهر أعراض التسمم .

ويستخدم حمض الزرنيخيك وزرنيخات الصوديوم وحمض ٤ - هيدروكسى ٣- نيتروفينيل الزرنيخ فى دفع نمو الدواجن والخنازير والماشية (بمعدل ٩٠-٢٥٠ جم / طن علف)، وذلك لفعلها المشابه لفعل المضادات الحيوية، مما يحسن من الحالة الغذائية للحيوان . إلا أن زرنيخيت الصوديوم يؤدى إلى تشويهات خلقية Teratogenicity لأجنة الهامستر Hamster الذهبى ، ومن هنا يعرف أن للزرنيخ علاقة بالأورام الخبيثة للجلد والأمعاء .

ويرجع التسمم بالزرنيخ لمصادره العديدة من مركبات المبيدات الحشرية ومبيدات الحشائش (المستخدمة للحيوانات والمحاصيل الزراعية) وعبواتها التى لم تعدم، وكذلك الفحم والنفط والمنظفات المنزلية (١٠-٧٠ جزء/ مليون زرنيخ) . كما يوجد الزرنيخ فى الأسماك والأرز ، والذى لايتأثر محتواه فيهما بالطهى أو الغسيل ، كما يوجد الزرنيخ فى المياه المعدنية كذلك. فتحتوى أسماك الماء العذب عادة تركيز عالى من الزرنيخ (٠,٧٥ - ٤,١ جزء / مليون) ، كما يوجد الزرنيخ فى الجمبرى والأسماك الهلامية (٣-١٧٤ جزء / مليون) .
علما بأن كمية المسموح بتناوله من الزرنيخ طبقا لمنظمة الصحة العالمية هى ٠,٠٥ مجم / كجم غذاء يومى أو ١٢٠ ميكروجرام / إنسان وزن

٦٠ كجم / يوم .

والمستوى القياسى للزرنيخ فى ماء الشرب هو ١٠ جزء / بليون طبقا لمنظمة الصحة العامة الأمريكية. وتكتسب مركبات الزرنيخ مجاميع ميثيل ، بواسطة الميثانوبكتريا فى الممرات المائية وتتحول الى ثانى ميثيل زرنيخ ، بمساعدة ميثيل كوبال أمين كمانح للميثيل (زرنيخات ← زرنيخيت ← حمض ميثيل زرنيخيك ← حمض ثنائى ميثيل زرنيخيك ← ثنائى ميثيل زرنيخ) . وميثلة الزرنيخ تقلل سميته .

وبامتصاص الزرنيخ يخزن فى الشعر والأظافر والجلد ، وتستخرجه الأسماك بسرعة جدا من أجسامها بعد تناوله فى العليقة. ويحدث التسمم الزرنيخى بابتلاعه أو ملامسته للجلد ، وتتوقف السمية وشدتها على ذائبيه وحجم جزيئات المركب ، فالزرنيخيت يكفى منه ٦,٥ مجم / كجم وزن جسم لتسمم الخيل أو ٧,٥ مجم / كجم وزن ماشية ، أو ١١ مجم /كجم وزن أغنام ، أو ٢ مجم /كجم وزن خنازير ، بينما ثلاثى أوكسيد الزرنيخيك يلزم منه ٧,٥ - ١١ مجم / كجم وزن خنازير ، أو ٣٣-٥٥ مجم / كجم وزن جسم للخيل والماشية والأغنام لإحداث التسمم .

وفى التسمم الزرنيخى غير العضوى قد تحدث الوفاة بنسبة١٠٠ ٪، والعكس بالنسبة للمركبات العضوية (فالوفاة أقل) لبطء تحرر الزرنيخ منها (رغم سرعة امتصاصها) ولسرعة خروجها من الجسم (مقارنة

بالمركبات غير العضوية)، فقد يمكن الشفاء منها. ولقد لوحظ انتشار السرطان بين مستهلكى المياه الغنية بالزرنيخ، ويرجع تأثير الزرنيخ لفعله المباشر فى رفع معدل العمليات الفسيولوجية الدموية ، فيرتفع معدل بناء خلايا الدم ، ويثبط عملية الأكسدة ، ويخفض من التمثيل الغذائي القاعدى بتأثيره بتثبيط نشاط الغدة الدرقية ، ولارتباط الزرنيخ بمجاميع السلفهيدريل للبروتينات (بما فيها الإنزيمات) فيتأثر التنفس الخلوى .

وتؤدى حوادث استخدام المبيدات المحتوية على الزرنيخ الى إحداث عدة حالات من الوفيات سنويا ، بأعراض معدية معوية فى ظرف ٦ ساعات من التسمم الحاد ، وقد تحدث الوفاة فى هذا الوقت . وقد تطور أعراض عصبية طرفية بعد ١-٣ أسابيع ، ويشعر بالألم فى الأطراف، ثم يفقد الإحساس بالجلد . وفى التسمم المزمن تتدرج الأعراض العصبية ، وقد تشفى الحالات المتوسطة لكن ببطء ، وقد يحدث تحسن أكثر بعد عام.

وقد وضعت ألمانيا حدا أقصى للزرنيخ فى ذبائح الحيوانات لايتعدى ٠,١ جزء / مليون وفى الأعضاء الداخلية (كبد وكلاوى) ٠,٥ جزء / مليون ، بينما المسموح بتناوله للإنسان عموما من الزرنيخ ٠,٥ جزء / مليون فى اللحوم ، و٢ جزء / مليون فيما عدا اللحوم . والمسموح بوجوده من الزرنيخ فى ملح الطعام للإستهلاك الآدمى لايزيد عن ١ جزء / مليون بينما ملح عزبة البرج (دمياط) محتواه عال جدا (١٧,٤ جزء / مليون) .

ويفيد علاج التسمم الزرنيخى بالحقن العضلى بمركب دى ميركابتو بروبانول British Anti- Lewisite (BAL) (وإن كان لايفيد فى منع التسمم الحاد)، والغسيل المعدى بماء دافىء يعقبه غروى هيدروكسيد الحديديك ، ملطفات (لبن أو بياض بيض)، مسكنات (مورفين) ، منبهات للقلب (أفدرين ، كورامين ، كارديازول) ،وقد يستخدم ثيوكبريتات الصوديوم(١٠ مل محلول١٠ ٪) بالحقن الوريدى يوميا حتى تتحسن الحالة لإزالة الزرنيخ الممتص .

والزرنيخ موجود فى مساحيق إزالة الشعر ، ودهانات ورق الحائط، ومبيدات الحشائش ، والمبيدات الحشرية المستخدمة فى مقاومة الطفيليات الخارجية للحيوانات ، مما قد يلوث البيئة أو المراعى ،أو تبتلعه الحيوانات من أوانية أو فى أحواض غطس الحيوانات، أو تتعرض لرزاز محاليلة أثناء رش المحاصيل ، كما يستخدم كعقاقير (زرنيخات رصاص) وإضافات غذائية وضد التسمم بالسيلينيوم ، وهذه كلها لو لم تستخدم برقابة شديدة وحذر فإنها تؤدى للتسمم الزرنيخى . فالعليقة المحتوية ٦١١ جزء فى المليون تؤدى للتسمم ، وأيضا ٠,٢٥ ٪ حمض زرنيخيك تؤدى لمرض الخنازير ، و ٠,٢ - ٠,٤ ٪ تؤدى لنفوق الحوالى . ويفرز الزرنيخ بسرعة فى البول ، وإذا زادت الجرعة فإنه يخرج كذلك فى اللبن والروث ، إذ أن نصف العمر البيولوجى للزرنيخ ٤,٢ يوم فى الكبد ، ٥,٧ يوم فى الكلى ، ١٥ يوما فى العضلات. فتغذية الخنازير على حمض زرنيخيك ٢٠٠ جزء فى المليون يترك آثار زرنيخية فى العضلات أعلى من المسموح به (٠,١ جزء فى المليون) بعد ١٨ يوما من

سحب العلف الملوث ، وإن كانت التوصية بسحب الزرنيخ من العلائق قبل الذبح بمدة ٥-٧ أيام فهى مدة كافية لو كان مستوى الزرنيخ طبيعى أو منخفض فى العليقة .

والزرنيخ سام للأنسجة إذ يرتبط بمجاميع السلفهيدريل فى إنزيمات الأنسجة، ويثبط عملها والمركبات ثلاثية التكافؤ أشد سمية لقابليتها العالية للارتباط السلفهيدريل . ويؤثر الزرنيخ على كل الأنسجة خاصة الغنية بنظم الأكسدة كجدر القناة الهضمية والكبد والكلى والطحال والرئة، فيختل الميتابوليزم ، وتتأثر مخاطية الجهاز الهضمى ، وتزداد نفاذية السيرم إلى العضلات ، ويفقد كميات كبيرة من سوائل الجسم ، وتؤدى المركبات العضوية إلى التأثير على النسيج العصبى فيظهر العمى لضمور العصب البصرى ، بجانب الألم والأرق والتأوه ، وارتفاع معدل التنفس ، وزيادة اللعاب ، ومضغ أو حك الضروس ، والقيىء وسكون الكرش وتزداد ضربات القلب . ويسمع صوت سائل فى بطن الحيوان ، إذا اهتز الحيوان . وقد ينفق الحيوان فى ظرف ٣-٤ ساعات من المرض ، أو أن تستمر الحالة الأقل حدة لمدة ٢-٧ أيام بقيىء وإسهال واحتقان المعدة وعطش وجفاف ورعشة. وفى الحالات المزمنة يقل النمو ، ويجف الشعر ويسهل نزعة ، وتصاب الجفون بالأوديما ، وينخفض إنتاج اللبن ، وتجهض الحيوانات .

وبجانب السرطانات التى يسببها الزرنيخ، فإنه يحدث اضطرابات فى الكبد والجلد والجهاز الهضمى والجهاز العصبى . فيتساقط الشعر ،

ويزداد سمك الجلد ، وتظهر بقع ملونة غير طبيعية، وتظهر قرح سرطانية ، وتلتهب المعدة وتتقرح ، ويتليف الكبد . وقد يلتهب العصب البصرى بالتعرض لأى مركب زرنيخى خماسى التكافؤ ، خاصة مركب Tryparasamide ، فتحدث الأعراض فجأة فى كلا العينين فى ظرف ٢-١٢ ساعة من تعاطى العقار ، فيحدث تلف للرؤية مؤقت (١٥-٢٠ ٪ من الحالات) أو مستديم (٤ ٪ تقريبا) ، فى شكل ضعف الرؤية الحاد وضيق الحقل الخارجى للرؤية .

والحد المسموح به من الزرنيخ غير العضوى فى علائق الحيوانات لايزيد عن ٥٠ جزء/ مليون (أو ١٠٠ جزء/ مليون من الزرنيخ العضوى) .

وللعلاج يفيد استخدام المركبات المحتوية على الكبريت ، مثل ثيوكبريتات الصوديوم وهو مركب غير سام ويمكن تناوله بكميات كبيرة بالحقن باستخدام ١٥-٣٠ جم ملح فى ١٠٠-٢٠٠ مل ماء ، ثم يعقبها جرعات فمية ٣٠-٦٠ جم كل ٦ ساعات ، حتى تمام العلاج الذى قد يتطلب ٣-٤ أيام . وللوقاية تستبعد مركبات الزرنيخ عن أماكن العلف والحيوان ، وأن يشرب الحيوان قبل نقعة فى أحواض الغطس للتطهير حتى لايشرب من محلولها الزرنيخى ، وبعد النقع نسحب وتجفف قبل قيادتها .

سابعا: السليكون Silicon (Si) :

السليكون يسمم عمال المناجم لاستنشاقه فى الهواء ، وزيادته فى

الغذاء تؤدى إلى ترسيبه فى الكلى والمثانة والحالب فيسبب حصوات الكلى . ويوجد السليكون فى الحيوانات بكم متفاوت ، ويوجد فى السيرم والصوف وإن كان لايعرف له علاقة بخواص الصوف ، كما يوجد بنسبة محسوسة فى الريش ، وقد يساعد على صلابته ، ولم يعرف للسليكون عملا فى الحيوان ، بل قد يكون وجوده لمجرد امتصاصه مع الغذاء النباتى . والمواد الخشنة (كالألبان والدريس وسرس الأرز) عالية فى السليكون ، لتخلله لسليلوز هذه المواد . وميزان هذا العنصر موجب فقد يحتجز منه يوميا ٣-٥ مجم ، والمخرج الرئيسى له هو الروث وقليل جدا فى البول ، وتقدر السليكا فى الرماد ، وزيادة نسبتها تدل على اتساخ الأغذية وعدم نقاوتها وتلوثها بالأتربة .

ثامنا: الكادميوم (Cd) Cadmium :

أحد المعادن السامة للحيوان والإنسان ، فمن مصادره عادم السيارات ، والمصانع المستخدمة للزنك لوجودة كشوائب مع الزنك ، مسابك الرصاص والنحاس والزنك ، مصانع الأسمدة الفوسفاتية، الصناعات الكهربية ، المعادن المجلفنة ، الدهانات المخلقة،دخان السجائر ، المبيدات الفطرية المحتوية على الكادميوم روث الماشية ، الفحم . فيوجد الكادميوم فى الماء والهواء والتربة ، فهو موجود فى مواسير المياه المجلفنة والأسمدة والوقود، فيلوث الماء والغذاء من خضر وفاكهة وخبز (خاصة المعروض فى الشوارع) ، وهناك أوان لطهى الأغذية مطلية بالكادميوم، وهو موجود فى الكائنات المائية (لصب النفايات فى الأجسام المائية ،

وللتبادل بين الهواء والماء)، وينتقل من التربة إلى النباتات فالحيوانات والإنسان . لذا يوجد فى الحبوب والجبن . ويرتبط مستوى كادميوم دم وشعر وكلى الإنسان بتعرضه لدخان السجائر ، فتحتوى السيجارة على ١-٢ ميكروجرام كادميوم ، فتدخين ٢٠ سيجارة بفلتر تزيد كمية الكادميوم المتحصل عليها الجسم بمقدار ٥٠٪ عنه فى غير المدخنين ، وتدخين ٢٠ سيجارة بدون فلتر تزيد مايحصل عليه الجسم بمقدار ٢-٣ أضعاف ، فوصول الكم المتحصل عليه أسبوعيا إلى ١,٤ مجم مؤشر لخطورة على الصحة (اضطرابات فى وظائف الكلى) .

مستوى كادميوم أنسجة المدخنين وغير المدخنين :

النسيج	مدخنون	غير مدخنين
دم كامل (ميكروجرام / لتر)	١,٨٤	٠,٦٥
شعر (جزء / مليون)	٠,٥١	٠,١٧
كلى (ميكروجرام/ جم رماد)	٢٢٦٨	١١٠٦

وتحتوى منتجات الأسماك الإنجليزية على ١,٢ - ٦,٠ مجم / كجم كادميوم ، والتركيز الأعلى فى عجائن الأسماك لاحتوائها على الأحشاء. وعيش الغراب البرى غنى بالكادميوم، لذا لايؤكل أكثر من ١-٢ مرة فى الأسبوع ولايتعدى استهلاك الفرد البالغ منها عن ٢٠٠ - ٢٥٠ جم .

والكادميوم يوجد كذلك فى الألوان المضيئة والسيراميك

ومستحضرات التجميل وغسيل الشعر . ومن المصادر الغنية بالكادميوم الكبد والكلاوى والمخ والطحال ، والأغذية البحرية (يحتوى المحار حتى ٧٣ جزء / مليون). وتركيزه فى الكلى ٤-١٠ مرات قد تركيزه فى الكبد. ويؤدى الغسيل والطهى إلى إزالة جزء كبير من التلوث بالكادميوم (والرصاص). كما يوجد الكادميوم (والرصاص والزئبق والزرنيخ) فى كل أنواع المياه المعدنية .

ويرتفع تركيز الكادميوم فى الخضراوات من التربة (للتسميد العضوى والفوسفاتى)، ومن الرش بالمبيدات الفطرية (مانيب، زينيب)، لذا يزيد تركيزه فى هذه الخضراوات وكذلك فى البطاطس وعيش الغراب والتبغ ، فيما عدا ذلك فعموما مستوى الكادميوم فى الخضر والنباتات منخفض جدا. ورغم ذلك حدث تسمم بالكادميوم فى اليابان من تناول الأرز الملوث بالكادميوم (٠,٤٤ - ٣,٣٦ جزء / مليون). ويتباين محتوى الكادميوم (والزئبق) بتباين نوع عيش الغراب ، فنوع المروج يحتوى ٠,٣٩ جزء / مليون كادميوم (و ٠,٥٥ جزء / مليون زئبق)، بينما أنواع الأجاريكوس الأخرى تحتوى ٤,٤ جزء / مليون كادميوم (٠,٨٤ جزء / مليون زئبق).

ويتوقف محتوى الكادميوم على جيولوجية و PH التربة ونوع وعمر والجزء النباتى ، فالتربة الجرانيتية تنتج نباتات غنية بالكادميوم، والعكس فى التربة الجيرية نباتاتها منخفضة الكادميوم . وإن كانت الأغذية النباتية والحيوانية (عدا الكلى والكبد) وماء الشرب منخفضة

المحتوى من الكادميوم، فإن الخس والبقدونس وعيش الغراب تحتوى أعلى التركيزات من الكادميوم .

وينتج الكادميوم كذلك فى الهواء من احتكاك إطارات السيارات المحتوية أوكسيد زنك به آثار من الكادميوم ، كما يوجد فى الجازولين ، وقوالب الثلج ، والكترودات مراكم النيكل / كادميوم ، وفى الميكا وسبائك اللحام ، وفى صناعة الزجاج والتصوير والبطاريات واللدائن والترانزيستور وصمامات التليفزيون .

عند ميلاد الإنسان لايمكن الكشف عن محتواه من الكادميوم لضآلته جدا، وبعد بلوغه الجنسى يحتوى جسمه تقريبا على ٣٠ مجم (لتراكمة بمعدل حوالى ٣ ميكروجرام / يوم)، منها ٤,١ مجم فى الكبد ، وتحتوى قشرة كلى الإنسان البالغ على ٣٠ جزء / مليون ، وتركيزه فى الإنسان البالغ عموما ١٣٠ و ٦,٧ و ٠,٠٨ جزء / مليون فى الكلى والكبد والرئة على الترتيب . ويستهلك الإنسان يوميا ١١٠ – ٤٠٠ ميكروجرام كادميوم، و يخزن منها فى الجسم ١ ٪ فقط والباقى يخرج معظمه فى الروث . فيمتص الكادميوم من الأمعاء (ليس أكثر من ٥ ٪ من كادميوم الغذاء)، ويزيد الإمتصاص فى النساء لنقص الحديد ، مما يؤدى لتشوهات هيكل الأجنة، إذ يعيق الكادميوم من تخليق فيتامين D3،ويخرج الكادميوم فى لبن الإناث بتركيز منخفض. ويزيد تركيز الكادميوم فى بول الخيول عما فى بول الإنسان ، لذا يخشى على الخيول في المناطق عالية الحموضة كما فى حالة المطر

الحامضى وبالقرب من الطرق السريعة حيث عادم السيارات .

ومرض إيتاى إيتاى Itai - itai disease ناتج تسمم مزمن (لعدة عقود من السنين) بالكادميوم من نواتج صرف صناعى (منجم وشركة سباكة) تصب فى نهر جينزوفى اليابان تستخدم مياهه لرى حقول الأرز ، مما أدى لتراكم الكادميوم فى حبوب الأرز ، فأدى استهلاكها إلى فشل كلوى،وهشاشة (نخورة)العظام Osteoporosis ، ولين عظام Osteomalacia ، وآلام عظمية (ومنها اشتق اسم المرض باليابانى « إيتاى إيتاى » أى إنها تؤلم .. إنها تؤلم) ، فمن بين سكان هذه المنطقة الملوثة (١٤٢٦ نسمة) توفى ٣٩٦ شخصا (ثلاثة أرباعهم من النساء). ويعانى فى ألمانيا مايقرب من ١٠- ١٠٠ ألف مواطن من أمراض الكلى المرتبطة بالتسمم الغذائى بالكادميوم .

وفى الإنسان تعد الرئة والكلى أهم مايصاب بالكادميوم ، فأعراض التسمم الحاد بالكادميوم فى الإنسان تشمل إلتهاب شعبى حاد، إلتهاب رئوى ، أوديما رئوية ، وأحيانا نكرزه الكلى . تنفس بخار أو دخان الكادميوم فى الصناعة يؤدى لتسمم مزمن للعمال، فتنتفخ الأنسجة ، ويحدث فقد للشهية وإسهال وقيىء ، أنيميا ، وفقد لحاسة الشم ، وارتفاع نسبة البروتين والجليكوز فى البول ، ويثبط نشاط عديد من الإنزيمات المحتوية على مجاميع السلفهيدريل (لارتباط الكادميوم بالإنزيمات والهيموجلوبين). وللكادميوم تأثير سرطانى وجينى ، كما يؤثر سلبيا على ميتابوليزم البروتين ، ويحدث ورم بالطحال ، وتقرح

بالمعدة، واضمحلال دهن الكبد والكلى ، وينخفض كالسيوم العظام فتحدث مسامية للعظام، ويؤدى إلى خراج الخصى والإضرار بالحيوانات المنوية، والإجهاض، وكذلك إلى الفشل الكلوى ، وارتفاع ضغط الدم، وانسداد الشرايين ، ومرض السكر ، تقرن الجلد . ويزيد تراكم الكادميوم بشدة فى الكلى ثم الكبد بزيادة العمر .

والأضرار الصحية الراجعة للتلوث بالكادميوم ترجع لبطء خروجه من الجسم ، فيضر بالأجهزة الهضمية والتنفسية والتناسلية والدورية والعظمية والعصبية والمناعية ، ويعمل الكادميوم على اختزال النيترات إلى نيتريت . والكادميوم أشد من الزئبق والرصاص من حيث تثبيطها لنشاط إنزيم أسيتيل كولين إستراز وإنزيم كولين إستراز . والجرعة السامة من الكادميوم ٦٠ - ٢٠٠ مجم / كجم ، وقد يفيد العلاج بملح صوديوم كالسيوم إيثيلين داى أمين حمض تترا أسيتيك (Ca-EDTA) مع فيتامين (c) .

ولخطورة الكادميوم وضعت ألمانيا حدودا قصوى مسموح بوجودها من الكادميوم فى الأغذية الطازجة (مجم / كجم) كالتالى :

لبن ٠,٠٠٢٥

بيض دجاج ٠,٠٥

أسماك ماء عذب ٠,٠٥

لحوم (ماشية / خنازير) ٠,١٠

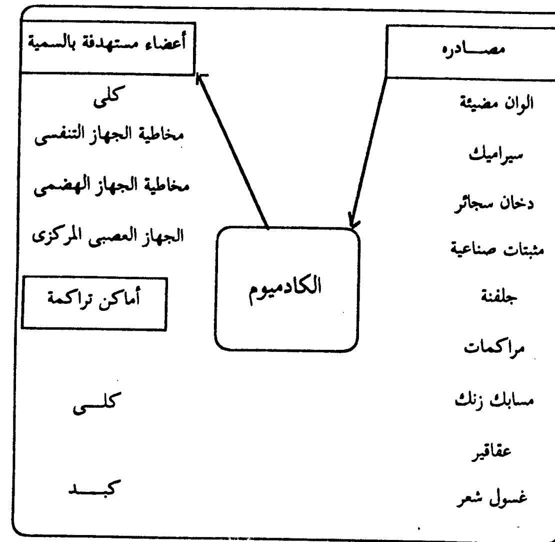
خضراوات ورقية ٠,١٠

كبد مجترات ٠,٥٠

كبد خنازير ٠,٨٠

لذلك فإن كبد وكلى و(لحوم) الخيول لاتصلح للاستهلاك الآدمى، كما يحدد استهلاك كلى البقر والخنازير لارتفاع محتواها من الكادميوم . وعموما فإن معامل انتقال Carry over الكادميوم (على أساس المادة الجافة) من الغذاء للكبد والكلى والعضلات هو ٢,٠٢ ، ١٧,٨ ٠,٢٧ على الترتيب .

والمسموح وجوده فى ماء الشرب فى ألمانيا ٦ ميكروجرام / لتر كادميوم ، والمسموح بوجوده من الكادميوم فى ملح الطعام للاستهلاك الآدمى لايزيد عن ٠,٢ مجم / كجم . إذ أن الكادميوم (وغيره من العناصر الثقيلة) تؤدى زيادته الى تكوين معقدات مخلبية (مع بروتينات الخلايا) ثابتة تتلف وظائف الخلايا. لذلك فالحد المسموح باستهلاكه من الكادميوم ٧٠ ميكروجرام/ يوم (والمستهلك الفعلى فى وسط أوربا ٥٠ ميكروجرام / يوم) أى ١ ميكروجرام / ١كجم وزن جسم حسب توصيات منظمة الصحة العالمية / منظمة الأغذية والزراعة .



وتمتص النباتات المائية الكادميوم (فى الصيف أسرع مما فى الشتاء) ، مما يمكن من استخدام النباتات المائية كدليل بيولوجى للتلوث بالمعادن الثقيلة. وأدت تربية جمبرى المياه العذبة فى أجسام مائية بها صرف صحى إلى تراكم الكادميوم فى أحشاء الجمبرى (والرصاص فى الهيكل الخارجى ، والزئبق فى الأنسجة العضلية) . وقد وجد الكادميوم فى الأسماك بتركيز أعلا مما فى رواسب (٠,٦٨ -٠,٨٦ جزء / مليون) وماء (٠,٠٨ جزء / مليون) بحيرة المنزلة ، واحتوت

عضلات أسماك الطوبار تركيزات كادميوم أعلا (١,٣٩ - ٢,٦ جزء / مليون مادة جافة) مما فى أسماك الدنيس (١,٨٣ - ١,٨٦ جزء / مليون) والبورى (١,٤٨ - ١,٥٤ جزء / مليون)، وقد كان تركيز الكادميوم فى كل من الماء والسمك أعلا من الحد المسموح به عالميا (٠,٠٠٥ ، ٠,٥ جزء / مليون مادة جافة على الترتيب)، ويؤدى الكادميوم إلى انخفاض حيوية السمك ونموه ، وكفاءة تحويله الغذائى ، وانخفاض بروتين جسمه وزيادة دهنه ، مع تراكم الكادميوم فى الأحشاء والرأس ، ويزيد دليل الإنقسام الميتوزى ويضطرب بناء الكروموسومات . ووجد الكادميوم فى العضلات المأكولة من الكابوريا (٠,١٥ - ٠,٣٥ جزء / مليون مادة رطبة) والجمبرى (٠,١٥ - ٠,٣٠ جزء / مليون) المصاد من بحيرة المنزلة وعزبة البرج .

كما وجد الكادميوم فى البرسيم المصرى بتركيزات دون المستوى السام للحيوانات (٠,١٥ - ٥,٤٣ جزء / مليون) . ويزداد تراكم الكادميوم بزيادة العمر ، فى الكلى والكبد والعضلات فى الحيوانات البرية (غزال) ، مما يجعل الغزلان مؤشرات بيولوجية للتلوث بالكادميوم والرصاص ، لمعنوية النتائج المتحصل عليها، فالغزلان كانت أكثر تلوثا من الماشية والأغنام والخنازير ، ولايفرز من الكادميوم (والزئبق والرصاص) إلا القليل جدا فى اللبن ، بينما تفرز فى صفار البيض أكثر .

والكادميوم أقل فى امتصاصه (فى المجترات ٠,٣ -٠,٤ ٪) من

الجهاز الهضمى عما يمتص من الجهاز التنفسى ، خاصة فى الصور غير العضوية ، والمركبات الذائبة فى الدهون العضوية تمتص بمعدل أعلى، فيمتص الكادميوم المرتبط عضويا بمعدل ٣٧ ٪ فى الأمعاء ، مما يسهل امتصاصه عبر المشيمة للأجنة، فيضر بالجهاز العظمى للأجنة ، ويعوق امتصاص الحديد فتحدث أنيميا، ويزيد امتصاص الكادميوم عند نقص الحديد ، ويعمل الكادميوم على اختزال النترات إلى نيتريت فيظهر التسمم النيتريتى ، ويعوق الكادميوم من تخليق فيتامين D_3 فى الكلى فيسوء ميتابوليزم الكالسيوم والفوسفور والعظام .

وللكادميوم تداخلات عديدة ، فنقص الكالسيوم يزيد اختزان الكادميوم بالكلى والكبد ، بينما كفاية الكالسيوم تخفض من اختزان الكادميوم. ونقص الزنك يزيد كادميوم الكبد ، ونقص الحديد يزيد كادميوم الكلى ، بينما وفرة الحديد تخفض تركيز كادميوم الكلى . المنجنيز يخفض تركيز كادميوم الدم والبول والكبد والكلى ، والنحاس يزيد كادميوم الأنسجة ، بينما زيادة الكادميوم تخفض من امتصاص النحاس والزنك والحديد . السيلينيوم له تأثير علاجى ضد تسمم الكادميوم ، البيريدوكسين والكوبال أمين وحمض الأسكوربيك تخفض من كادميوم الأنسجة . الفيتاز يخفض الكادميوم لأنه يحلل الفيتات فيوفر الكالسيوم والزنك اللذان يخفضان من تركيز الكادميوم ، بينما الفيتات تزيد كادميوم الأنسجة .

يؤدى الكادميوم إلى خفض مستوى هرمونات الغدة الدرقية، وخفض مستوى دهون الدم وإنزيمات المخ المختلفة، وزيادة كوليسترول الدم ، إلا أن التعرض للجرعات المنخفضة من الكادميوم يساعد الجسم على احتمال التسمم بالجرعات الأعلى . ويؤدى حمض الفيوماريك إلى زيادة تركيز الكادميوم فى الكلى والكبد . ويتراكم من الكادميوم الكلى ٠,٢ –٠,٣ ٪ فى الكبد والكلى والأمعاء الدقيقة والبنكرياس، ويختلف التراكم حسب مصدر الكادميوم ، فجلوتاثيون الكادميوم يراكم كادميوم أكثر من خلات الكادميوم أو ميتالوثيونين الكادميوم . ويتوزع الكادميوم بأقصى تركيز فى الكلى ثم الكبد والشعر والعضلات ، ومن ثم فإن الكلى لاتصلح للإستهلاك الآدمى ، كما ينصح بعدم تكرار أكل الكبد خاصة فى المناطق الملوثة .

وجد أن الجرعة نصف المميتة من كلوريد الكادميوم لكتاكيت التسمين عمر ٣–٤ أسابيع ١٦٥ –١٩٠ مجم /كجم وزن جسم ، والجرعة المميتة أعلا من ٢٠٠ جزء / مليون فى الغذاء ، بينما ٩٠ جزء / مليون تضر بالنمو ، بينما ٩–٣٠ جزء / مليون لها تأثير موجب على زيادة وزن الجسم . فالكادميوم يعوق نشاط الكاربوأنهيدراز ، ويخفض من وزن الجسم واستهلاك الغذاء وانتاج البيض ، ويزيد الوزن النسبى للأمعاء والكلى والقانصة ، مع زيادة محتوى الزنك فى الكبد والكلى والقانصة ، وزيادة النفوق ، وانخفاض كالسيوم العظام، ويزيد تقرن الغشاء القرنى للقانصة، وإدماء مخاطية الأمعاء ، انخفاض سمك قشرة البيض ، وانخفاض إنتاج البيض ووزن البيضة . ووجد أن ٦٠٠

جزء / مليون كادميوم توقف وضع البيض تماما فى البط ويعمل الكادميوم على خفض وزن الخصى فى ذكور البط . وإضافة السيلينيوم (٢٠ جزء / مليون) أو السيستيئين تقلل تراكم الكادميوم بالكلى ، والإصابة بالكوكسيديا تزيد من تراكم الكادميوم فى الكلى . وزيادة كادميوم العليقة للدواجن يزيد محتواه فى العضلات والعظام والريش والكبد والكلى والصفار وقشرة البيض ، وأعلى تركيز فى الكلى .

ويؤدى الكادميوم (٥٠ - ١٣٥٠ جزء / مليون) فى عليقة الخنازير إلى تناقص معدل النمو، وانخفضت النسبة الحجمية لجسيمات الدم، كما انخفض فوسفور السيرم ورماد العظام ، وزاد محتوى الكادميوم فى الكلى والكبد والطحال والأسنان . ويرتبط مستوى الكادميوم فى كل من الكلى والكبد ، وفى كل من البنكرياس والكبد ارتباطا موجبا . ويزيد كادميوم الكلى والكبد بضيق نسبة الكالسيوم / فوسفور (أى بانخفاض الكالسيوم) .

ويؤدى الكادميوم (٥٠٠ جزء / مليون) إلى إجهاض الماعز (٦٢٪) ، ونفوق المواليد . وتتميز الخيول باختزانها للكادميوم ليس فقط فى الكلى والكبد ، بل كذلك فى العضلات، خاصة بزيادة العمر، فلحوم الخيول المسنة تزيد من محتواها من الكادميوم عن الحد المسموح به فى لحوم الماشية ، لذا ينبغى خفض استهلاكها، ولاينبغى استخدام كلى وكبد الخيول فى تغذية الإنسان لارتفاع محتواها من الكادميوم .

المراجع

- Abdelhamid, A.M. (1988). J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 13 : 642.
- Abdelhamid, A.M. (1988). Arch. Anim. Nutr.,38 : 207 .
- Abdelhamid, A.M. & Dorra, T.M. (1992). Arch. Anim. Nutr., 42 : 133.
- Abdelhamid, A.M. & El- Ayoty, S.A. (1989). Buffalo . Bulletin, 8: 13.
- Abdelhamid, A.M. & El - Ayouty . S.A. (1991). Arch. Anim. Nutr. .14 : 757.
- Abdelhamid, A.M. et al. (1993). J . Agric. Sci. Mansoura Univ.. 18: 1936.
- Abdelhamid, A. 4. et al. (1992). Arch. Anim. Nutr., 42 : 179 & 371.
- Abdelhamid, A.M. et al. (1996). Food Borne Contamination & Egyptian's Health, Mansoura Univ. Nov. 26 -27 . P: 141.
- Abdelhamid, A.M. et al. (1997). J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 22: 1867.

- Abdelhamid. A.M. & Gabr A.A. (1991). J. Agric. Sci . Masoura Univ., 16 : 507.

- Abdelhamid, A.M. & Gabr, A.A. (1991) Arch. Anim. Nutr., 41 : 745.

- Abdel Rahim, A.G. et al . (1986) J. Nutr. 116 : 403.

- Adler, G (1982). , Dissertation, Universitat Hohenhein.

- Ahmed, M.U. & Eisenhauer, R.D. (1999). Development and Cooperation, DSE, 6 : 29 .

- Airey , D and Jones, P. D. (1982). Water Res. 16 : 565 - 577.

- Aksoy , A. & Sullivan, T.W. (1977). Poult. Sci., 56 : 491 .

- Alary ,et al.(1983)Water, Air, Soil Pollut. 20 : 137.

- Alcantara, P. F. et al (1980). J. Anim. Sci, 50: 1092.

- Al- Falluji, N. et al. (1976) Bull. WHO, 53 : 119.

- Allam, S.M. et al (1977) .Ann. Agric. Sc. Moshtohor, 7 : 193.

- Anke, M., et al. (1994). Proc. Soc. Nutr. Physiol. Frank-

furt / M. 2 : 9 .

- Anonymous (1983). Die Ernährungsindustrie N. 011: 9.

- Anonymous (1984) . Die Ernährungsindustrie, 9 : 10 .

- ARC (1980). The Nutrient Requirements of Runinant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, England.

- Asami, T. & Tsutsumi, M. (1981). In : Heavy Metal Pollution in Soils of Japan, PP : 257 & 181 - Japan Sci . Soc. Press. Tokyo.

Atteh, J.O. et al. (1983). Poult. Sci., 62 : 2403.

- Auerswald, W. (1949) Wirkstoffe, Verlag Brüder Hollinek, Wien .

- Austic, R.E. et al . (1977) Cornell Nutrition Conferrnce for Feed Manufacturers. Ithaca, N.Y., P : 120 .

- Awad, Y. L. et al . (1984) . Agric . Res . Rev., 62 (5A) 228 .

- Becker, K. et al- (1984). Arch. Tierernähr, 34 : 219 .

- Beguin, T.L. & Genetzky, R. M. (1984). Modern Vet.

Practice, 65 (12) B8.

- Beitz, L. et al. (1975) Electromedica, 1 : 13 .

- Berner L. A. et al . (1986) J. Nutr. 11:, : 259 .

- Bernier, J. F. et al (1984) J. Dairy Sci, 67 : 2369.

- Bessei, W. & Lantzsch, H.J. (1980) Arch. Geflügelk., 44 : 133 .

- Boltneva, L. I., et al, (1983). Sov. J. Ecal. 13 : 246 .

- Bostedt, H. (1984). Beratertagung des LAF am 15 . Narz, Baden - Wüttlemberg e.v. Stuttgart, Hohenheim.

- Bundesministeriun für Gesundheit und Umweltschutz, Wien (1979). Rückstandsuntersuchungen in Lebensmitteln, Beitrage Umweltschutz Lebensmittelangelegenheiten Veterinärverwaltung. 4/79.

- Byers, F.M. & Maxon, A.L. (1980). J.Anim. Sci., 50 : 1136.

- Cakir, A. et al . (1978) . Poult. Sci., 57 : 498.

- Cerklewski, F.L. et al . (1986). J. Nutr., 116: 618.

- Chang, C.W.J. et al. (1977). J.Anim. Sci., 45 (:) 279.

- Chang, A.C.,et al. (1981). J. Water Pollut. Contr. Fed. 53 : 237 .

- Classen, H. G. et al. (1986) Mag. Bull. 8 : 140.

- Collins, K. (1983) 1° Symposio Iberico de Aviculture Lisbon, Nov. 1982. Roche.

- Colnago, G.L. et al. (1984). Poult. Sci., 63 : 1136.

- Combss, G.F. Jr. et al. (1975). Poult. Sci., 54 : 1143.

- Combs, D.K. et al. (1982) J. Anim. Sci., 54 : 391.

- Combs, G.F. Jr. & Scott, M.L. (1975) Poult. Sci., 54 : 1152.

- Combs, G. F. & Scott, M.L. (1977). Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Ithaca, N.Y., P : 74.

- Commonwealth Agricultural Bureaux (1985) . Poisons in Feeds. Annotated Bibliographies (1977 - 1979) NAB No. 56 A.

- Coppock, C.E. & Fettman, M.J. (1977). Cornell Nutri-

tion Conference for Feed Manufacturers. Ithaca, N.Y., P. 43.

- Croom Jr., W.J. et al . (1985) Can. J. Anim. Sci., 65: 673.

- Cyarnecki, G.L. & Baker, D.H. (1982) J. Anim. Sci., 54: 983.

- Cyuba, M. & Hutchinson, T.C. (1980). J. Environ. Qual. 9 : 566 .

- Dabeka, R.W., et al. (1986).. Food Chem. Toxicol. 24 : 913.

- DLG (1994). Merkblatt (290), Frankfurt am Main .

- Donaldson. W.E. & Thaxton, J.P. (1975). Poult. Sci., 54 : 1613.

- Dorea, J.G. & Olson, J.A. (1986) J. Nutr., 116 : 121 .

- Downie, S.E. et al . (1977) Poult. Sci. 56 : 1254.

- Eckles, C.H. et al. (1932) Univ. of Minnesota, Tech. Bull. 91.

- Eide, I., et al (1980). Environ. Pollution. Series A :

Ecol. & Biol .,23 : 19 .

- El - Ayoty. S.A. & Abdelhanid, A.M. (1989) .Arch. Anim. Nutr., 39 : 491.

- El - Ayoty, S.A. et al . (1987) . J . Agric. Sci. Mansoura Univ., 12 : 204.

- El - Ayoty, S.A. et al. (1991). J. Agric. Sci Mansoura Univ. 16 : 2786 .

- El - Ayoty, S.A. et al . (1991) .Alex. Sci. Exch. 13 : 153.

- El - Gamal, I.M. et al . (1988) .1 st Nat. Conf. Environ . Studies & Res., Cairo .

- El Sayed, R.F. et al. (1999). Alex. J. Vet. Sci., 15 (2) 229.

- El- Shanawany, S. et al . (1999). 15 th Ann. Conf. Egypt. Soc. Toxicol. 6 -7 Oct. Alex., P: 9.

- Erdman, R.A. et al. (1980) J. Dairy Sci., 63: 538.

- Farag, A.T. et al . (1999). 15 th Ann. Conf. Egypt. Soc. Toxicol. 6-7 Oct. Alex. Abs. No. 15 .

- Farrow, G. et al . (1982) . Poult. Sci., 62: 85.

- Feltwell, R. & Fox, S. (1980). Practical Poultry Feeding ELBS and Faber & Faber.

- Fettman , M.J. et al. (1984) J. Daiy Sci., 67 : 2321.

- Field, A.C. (1981). Proc. Nutr. Soc., 40 : 267.

- Fouda, T.A. & Ibrahin, T.M. (1999). Alex. J. Vet. Sci., 15 (4) 809.

- Georgievskii, V.I., et al . (1982) . Mineral Nitrition of Animals. Butterworth, London .

- Guenter, W. & Hahn, P.H.B. (1986) Poult. Sci., 65 : 769.

- Günther, K. - D. (1988). Anim. Res. Develop. 27 : 16.

- Hafezy, Y, S.M. & Kratzer, F.H. (1976). Poult. Sci., 55 : 918.

- Hansard II, S.L. et al (1986). J Anim. Sci., 62 : 804.

- Hardebeck, H. et al . (1973) Z. Tierphysiol., Tierernahrg. u. Futtermittelkde, 32 : 14.

- Haresign, W. (1981). Recent Advances in Animal Nutrition. Butterworths, London.

- Harland , B.F. et al . (1976). Poult . Sci., 55 : 359 .

- Harrison, J.H. & Conrad, H.R. (1984) J. Dairy Sci., 67: 2464.

- Hecht, H. (1984). Fleischwirtsch., 64 : 1113 .

- Hecht, H. et al. (1984) Fleischwirtsch. 64: 838 - & 967 .

- Helclova, M. (1983) Prumysl Potravin, 34 : 131 .

- Hoffmann, G g. (1985).10. Semniar Landwirtsch. Chem. Bundesanstalt, Linz / Donau am 4. u . 5. Juni 1984.

- Hoidich, H. (1977) . Beiträge Umweltschutz Lebensmittelangelegenheiten Veterinärverwaltung. Bundesnimsterium für Gesundheit und Umveltschuts. 4 / 77.

- Holm, J. (1984). Flesichwirtsch., 64 : 613.

- Honda, K. et al . (1986). Arch. Environ. Contam. Toxicol., 15 : 185 .

- Huffman, C.F. & Reed O.E. (1930). Michigan Circular Bulletin, 129 : 10.

- Humaloja. T. & Mykkanen, H.M. (1986). J. Nutr .116 : 142.

- Inove , T. et al . (1988). J. Agric. Food Chem, 36 : 599.

- Ivan, M. et al . (1986) Br. J. Nutr., 55 , 361.

- Ivan, M. & Hidiroglou, M. (1980). J. Dairy Sci., 63 : 385.

- Jackson, T.A. & Waychuk, R. N. (1980). . Int. Symp. Inland Waters and Lake Restoration, Portland , ME 8-12 . Sep.

- Jenkins, T.C. & Palmquist, D.L. (1982) J. Anim. Sci., 55 : 957.

- Jensen, L.S. (1981). Feed Management, Jan.

- Johnson, A.B. et al . (1995). Feed Mix, 3 (5) 38 .

- Jones, I.R. et al . (1934). Oregon State Agric. College, Station Bull. 329 .

- Kamal, T.H. & Johnson, H.D. (1970). J. Dairy Sci, 53 : 1734.

- Kamar, G. A.R. & Al - Mulla Hasan, H.A.M. (1979).

Egypt.J.Anim . Prod., 19 : 65.

- Kamar, G. et al. (1979). Egypt. J. Anim. Prod., 19: 73

- Kandylis, K. (1984). J. Dairy sci., 67 : 2179.

- Karram, M.H. et al. (1989) Assiut vet.. Med. J., 21 : 165.

- Kincaid, R.L. (1980) J. Dairy Sci., 63 : 608.

- Korcak, R.F. & Fanning, D.S. (1981). . J. Environ. Qual. 10: 69.

- Kraybill, H.F. & Reynolds H.L. (1972). . FDA By-Lines 2 : 271 .

- Kwatra, M.S. et al . (1986) Ind. J. Anim. Sci., 56 : 412.

- Labib. T.M. & Naguib, B.H. (1988) 1st Nat. Conf. Environ Studies & Res., Cairo.

- Laborda, R. et al . (1986) . Bull. Eniron. Contam. Toxicol., 36 : 332.

- Lagesson, V. & Andrasko, L. (1979). Clin. Chem. 25 : 1948 .

- Lantzsch, H.J. et al. (1979). Übers. Tierernährg., 7 : 185

- Lantzsch. H.J. & Scheuermann, S.E. (1984). Z. Tierphysiol., Tierernährg . u . Futtermittelkde., 51 : 98.

- Latshaw, J . D. & Biggert, M . D .(1981) . Poult. Sci.,60 : 1309 .

- Latshaw, J. D. & Osman, M. (1975) Poult. Sci., 54 : 1244.

- Legel, S. & Anke, M. (1984). Arch. Tierernahr., 34 : 651.

- Liu. D. (1980). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 25 : 616 .

- Ljunghall, S. (1986). Mag . Bull. 8 : 237 .

- Loeffler, K. et al . (1979) . kleintier Praxis, 24 : 167 .

- Loeffler, K. et al . (1981) .Kleintierpraxis 26 : 147.

- Logner, K.R. et al . (1984). J. Dairy Sci., 67 : 1007.

- Lyons, T.P. (1994) World Poultry, 10 (4) 20 .

-Mac Vinish, L.J. & Galbraith, H. (1988) . Anim. Prod., 47 : 75 .

- Mahmoud, W. M. & El - Dosoky. M.M. (1999). 15 th Ann. Conf. Egypt. Soc. Toxicol., 6 -7 Oct., Alex., Abst. No . 38 .

- Mahmoud, B.L., et al . (1978). Z. Ernährungswiss. 17 : 84 .

- Makled, M.N. (1974). Alex. J. Agric. Res., 22 : 23 .

- Makled, M.N. et al . (1975). Egypt. J. Anim. Prod., 15 : 163.

- Martens, H. & Gäbel G.(1988). Anim. Res. Develop. 27 : 90 .

- Matsui, S. (1991). Guidelines of lake Management in lakes and reservoirso, ILEC & UNEP.

- Maus, R.W. et al . (1980) J. Dairy Sci., 63 : 532.

- McDowell, L.R. & Conrad, J.H. (1977) World Anim. Rev., 24 : 24.

- McDowell, L.R. et al. (1978) .In: Latin Am. Symp. on Mineral Nut. Res. with Grazing Ruminants, March 22 - 26, 1976, Brazil

- McDowell, L.R. et al . (1983 & 1993). Univ. of Florida,

The U.S. Agency for International Development, and CBAG, Library of Congress Catalog Card Number 84 - 70238 & 92 - 76027.

- Mc Guire, S.O. et al. (1985) J. Dairy Sci., 68 : 2621.
- Merkt, W. et al . (1986). Mag. Bull., 8 : 104.
- Meshref, H.A. (1985). J. Agric. Sci. Mansoura, 10 : 659.
- Meyer, H. (1987). Anim. Res. Develop,. 26 : 7 - 28.
- Meyer, H. et al. (1986). J. Anim. Physiol. a . Anim. Nutr., 55 : 29 .
- Michael, B. et al (1980) Z. Pflanzenernähr. Bodenkd, 143 : 396.
- Miller, W.J. (1977) Cornell Nutrition Confernce for Feed Manufacturers, Ithaca, N.Y., P: 63 .
- Morgan, G.W. et al . (1975) Poult. Sci. 54 : 1636.
- Morrison, J. N. et al (1974) Proc. Nutr. Soc., 33 : 88 A.

-Moseley, G. & Jones, D.I.H.(1974). Proc. Nutr.,33: 87 A.

- Müller, L. et al. (1986) Toxicol., 39 : 187 .

- Naismith, D.J. & Binns, N.M. (1978). Proc. Nutr. Soc., 37 : 54A.

- Nielsen, V.C. (1982). Public Health Eng., 10 : 19 .

- Nockels, C.F. (1986) In. Recent Advances in Animal Nutrition- 1986. ed . by W. Haresign & D.J. A. Cole, Butterworths, London.

- Nriagu, J.O. (1980). Zinc in the enviroment. Part II: Health effects. John Wiley & Sons, New York, Toronto.

- Oelschläger, W. et al. (1979) Fluoride, 12 : 182.

- Oelschläger, W. et al (1980) Staub Reinhalt. Luft, 40 : 448.

- Oelschläger, W. et al. (1982) Staub- Reinhalt. Luft, 42 : 383.

- Oelschäger , W. et al . (1986) Staub- Reinhalt. Luft 46 : 27.

- Oelschläger, W. & Schenkel, H. (1983) Staub- Reinhalt. Luft, 43 : 118 .

- Ogunji, P.A. et al . (1983) Poult. Sci., 62 : 2497.

- O'Halloran, J., et al. (1988) . J. Zool. Lond., 216 : 211. -

- Osman, M.A. & El - Husseiny, O. (1978). Annals of Agric. Sc., Moshtohor, 9 : 249 .

- Ott, E.A. & Asquith, R.L. (1989) J. Anim. Sci., 67 : 2831.

- Pallauf, J. (1982). Übers. Tierernährg., 10 : 163.

- **Park, J.H.Y. et al . (1986). J. Nutr., 116 : 610.**

- Perry, T.W. (1984) Animal life - cycle, feeding and nutrition, Academic Press, Orlando, Florida.

- Phillippo, M. et al. (1987). J. Agric. Sci., Camb, 109 : 321.

- Piscator, M. (1985) Environmental Health Perspectives, 63 : 127.

- Potter, N.N. (1973). Food Science. 2nd ed. The AVI Publishing Co., INC.

-Prasad, A.S. & Bredell F.F. (1983). Nutr. News., 46 (2) 5.

- Qin, X. & Klandorf, H. (1991). Poult. Sci., 70 : 2131.

- Quarterman, J. et al . (1979). Proc. Nutr. Soc., 38 : 84 A.

- Quillian, E.R. et al . (1980) .J. Dairy Sci., 63 : 457.

- Radeleff, R.D. (1964). Veterinary Toxicology. Lea & Febiger, Philadelphia.

-Rambeck, W.A. (1994). Proc. Soc. Nutr. Physiol., Frankfurt / M., 2 : 23 .

- Ranfft, K. (1984). Landwirt. Forschung, Sonderheft, 40 : 182.

- Rayssiguier, Y. (1986) Mag- Bull., 8 : 186.

- Reid, R.L. et al (1987) J. Anim. Sci., 64 : 1735 .

- Rhie, S.G. & . Choi Y.S .(1990). J. Korean Soc. Food & Nutr., 19 (1) 53.

- Richter, B.E. (1982). Diss. Abst. Int. PT. B. - Sci. & Eng ,. 42 , No. 11.

- Roland, D.A. Sr. et al (1977). Poult Sci., 56 : 1310.

- Roof, M.D. & Mahan, D.C. (1982). J.Am. Sci., 55 .-

-Rosa, I.V. et al . (1982). J. Anim. Sci., 55 : 1231.

- Rossin, A.C.,et al. 1983). Water, Air, Soil Pollut., 19 : 105 .

- Roth, P. (1973). Z. Tierphysiol, Tierernährg. u. Futtermittelkde, 32 : 13.

- Salem, I.A. & Soliman, F.A. (1979). Assiut Vet. Med. J. 6 (11& 12) 313.

- Sandstroem, B. (1993). Bioavailability 93 - Nutritional, Chemical & food processing implications of nutrient availability, Part I, .

- Schenkel, H. (1979) Übers., Tierernährg., 7 : 189 .

- Schenkel, H. (1979) Daten und Dokumente Zum Um-Weltschutz, 23 : 85 .

- Schenkel, H. (1982) Z. Tierphysiol. Tierernähry u . Futtermittelkde., 47 : 233.

- Schenkel, H. (1984) Daten und Dokumente Zum Um-Meltschutz, 36 : 155 & 215 .

- Schenkel, H. (1984). DLG - Mitteilungen, 99 : 1252.

- Schenkel, H. (1994). Proc. Soc. Nutr. Physiol. Frankfurt /M., 2 : 17 .

- Schenkel, H., et al. J. (1980). Magnesum - Bulletin, 2 (2) 65 .

- Schenkel, H.& Krehl, B. (1985) Inter. Con. Heaevy Metals in the Environment, CEP Consultants, Edinburgh.

- Schenkel, H. & Müller, M. (1984) Landwirtsch. Forschung, 37 (2) 117.

- Scheuermann S . E. & Lantzsch, H.J. (1982). Z. Tierphysiol., Tierernahrg . u . Futtermittelkde. 48 : 224 .

- Schmid, A. (1979). Anim. Res. Develop., 10 :7.

- Schrag, L. (1981). Top Agrar, 12 : 28 .

- Scott, D. & Mc Lean, A.F. (1981) Proc. Nutr. Soc., 40 : 257.

- Sell, J. et al (1986) .Poult. Sci., 65 : 138.

- Shafiq-ur- Rehman (1984). Bull . Environ. Contam.

Toxicol. .33 : 92 .

- Siewicki, T.C. et al . (1986). J. Nutr., 116 : 281 .

- Southern, L. L. & Baker, D. H. (1982) J. Anim. Sci., 54 : 989 .

- Southern , L.L. & Baker, D.H. (1983). Poult. Sci., 62 : 642.

- Stevenson, M.H. & Jackson, N. (1979) Proc. Nutr. Soc., 38 (2) 29A.

- Stone, C.L. & Soares, J.H. Jr. (1976) Poult. Sci., 55 : 341.

- Strause, L.G. et al (1986) J. Nutr., 116 : 135.

- Swan, H. & Lewis., D. (1968) 2nd Nutr. Conf. for Feed Manufacturers, Univ. of Nottingham, School of Agric.

- The North of Scotland College of Agriculture (1982). Nutrient Allowances for Cattle and Sheep.- Agricultural Chemistry Division.

- Trapp, A.L. et al . (1970). J.A.V.M.A., 157 (3) 289.

- Valdivia, R. et al . (1982) .J. Anim. Sci., 55 : 402.

- Valkovic, V., et al. (1979). Environ. Int. 2: 27 .

- Varela, C.G. & Murillo, A. (1974) Proc. Nutr. Soc.,33 : 86A.

-Wenk, C. & Leonhardt A. (1996). Agrarforschung, 3 (9) 443.

- West, T.S. & Nürnberg, H.W. The late (1988) The Determination of Trace Metals in Natural Waters. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

- Wetzel, R. & Menke, K.H. (1978). Tierplysiol, Tierernährg. u. Futtermittelkde 40 : 109 .

- Wieninger - Rustemeyer, R. (1980). Kurzfassungen der Vorträge zur 34. Tagung in Göttingen, Germany.

- Wright, D.A. & Davison, A.W. (1975) Environ. Pollut., 8 : 10.

- Zucker, H. et al . (1980). Kurzfassungen der Vorträge zur 34. Tagung in Göttingen, Germany.

المحتويـات

الباب الثالث

العناصر المعدنية الصغري

الباب الرابع

العناصر المعدنية الدقيقة الحديثة والسامة

تم بحمد الله

ظهر للمؤلف الكتب التالية

* رعاية حيوانات المزرعة – دار النشر للجامعات المصرية – القاهرة – ١٩٩١م.
* رعاية الكلاب – مكتبة مدبولى – القاهرة – ١٩٩١م .
* الأسس العلمية لإنتاج ورعاية الأسماك – دار النشر للجامعات المصرية – القاهرة – ١٩٩٤م.
* التحليل الحقلى والمعملى فى الإنتاج الحيوانى – دار النشر للجامعات المصرية – القاهرة – ١٩٩٦م .
* مختصر الكلام فى أضرار الطعام – توزيع دار الوفاء بالمنصورة ودار النشر للجامعات بالقاهرة – ١٩٩٨ م .
* أضرار الغذاء والتغذية – دار النشر للجامعات المصرية – القاهرة – ١٩٩٩م.
* الفطريات والسموم الفطرية – دار النشر للجامعات المصرية – القاهرة – ٢٠٠٠م.
* الفيتامينات – المكتب الجامعى الحديث – الأسكندرية – ٢٠٠٠م .

رقم الإيداع بدار الكتب
٢٥٤١ / ٢٠٠٠